



Eija Nyyssölä & Anni Olli

LIEVÄN HAJATAITON KORJAUS TOORISELLA PIILOLINSSILLÄ

Kokeellinen tutkimus pehmeiden piilolinssien käyttäjille

LIEVÄN HAJATAITON KORJAUS TOORISELLA PIILOLINSSILLÄ

Kokeellinen tutkimus pehmeiden piilolinssien käyttäjille

Eija Nyyssölä & Anni Olli
Opinnäytetyö
Syksy 2011
Optometrian koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

KIITOKSET

Esitämme lämpimät kiitokset opinnäytetyössämme avustaneille Optikko A. Sipolan optikoille Annikki Sipolalle ja Henri Ahvenlammelle, jotka auttoivat meitä tutkimuksemme suorittamisessa. Lisäksi haluamme kiittää Riitta Kaurasta (CibaVision), jonka avustuksella saimme koelinssit sekä materiaalia tutkimustamme varten. Ilman heitä ei tutkimuksemme olisi onnistunut.

Haluamme kiittää myös meitä ohjanneita opettajia, Jari Jokista ja Elsa Mannista asiantuntevasta avusta opinnäytetyön eri vaiheissa. Lisäksi kiitämme Anne-Liis Lääneä (Johnson & Johnson Vision Care) ja Vesa Taviaa (CooperVision), joilta saimme materiaaleja viitekehystä varten.

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Optometrian koulutusohjelma

Tekijät: Eija Nyyssölä ja Anni Olli

Opinnäytetyön nimi: Lievän hajataiton korjaus toorisella piilolinssillä – Kokeellinen tutkimus pehmeiden piilolinssien käyttäjille

Työn ohjaajat: X ja Elsa Manninen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2011

Sivumäärä: 78 sivua + 9 liitettä

TIIVISTELMÄ

Hajataitteudessa silmässä taittovoima on erilainen eri pääleikkaussuunnissa. Tämän vuoksi myös korjaavan linssin voimakkuuden on oltava eri pääleikkaussuuntien kesken erilainen. Hajataitteisuutta korjaavaa linssiä kutsutaan tooriseksi. Sfääriseksi kutsutaan linssiä, jossa voimakkuus on jokaisessa suunnassa samanlainen. Hajataitteisuutta voidaan korjata myös piilolinssillä, mutta lievää hajataitteisuutta niillä ei kuitenkaan yleensä korjata.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli arvoida toorisen piilolinssin tarpeellisuutta lievän hajataiton korjauksessa. Tätä tutkittiin sekä objektiivisesti numeerisia arvoja mitaten että subjektiivisesti koehenkilön kokemuksia kysyen. Lisäksi tutkimuksella haluttiin selvittää, millä sfäärisen ja sylinterivoimakkuuden yhdistelmillä toorinen piilolinssi on sfääristä korjausta parempi.

Tutkimus on luonteeltaan kvantitatiivinen eli määrällinen. Aineistoa kerättiin koemittauksilla sekä kyselylomakkeella. Kyselylomake oli kaksiosainen sisältäen sekä tutkijan että koehenkilön täyttämän osuuden. Tutkimusjoukkoon kuului 13 koehenkilöä, joista kolme käytti toorisia piilolinsejä ja kymmenen sfäärisiä piilolinsejä. Tooristen piilolinssien käyttäjille sovitettiin sfäärisiä ja sfääristen piilolinssien käyttäjille toorisia piilolinsejä. Koehenkilöiden silmien hajataitteisuus jakautui välille 0.25–1.25 dioptriaa.

Tutkimustulosten mukaan lievän hajataiton korjaus toorisella piilolinssillä voisi olla aiheellista, kun hajataitteisuuden määrä on vähintään 0.50 dioptriaa. Suurimmalla osalla tutkimukseen osallistuneista toorinen piilolinssi paransi näöntarkkuutta. Hajataitteisuuden korjauksen tarpeen määrittää kuitenkin viime kädessä piilolinssikäyttäjän subjektiivinen kokemus. Tutkimustulosten perusteella ei ilmennyt mitään sellaista raja-arvoa sfäärisen voimakkuuden määrässä, jolla toorinen piilolinssi olisi selvästi sfääristä korjausta parempi. Toorisen piilolinssin vaikutus näöntarkkuuteen koetaan tutkimuksemme mukaan hyvin yksilöllisesti.

Asiasanat: astigmatismi, toorisuus, akselisuunta, akselisuunnan vakautuminen, pehmeät piilolinssit

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Optometry

Authors: Eija Nyyssölä and Anni Olli

Title of thesis: The Correction of Astigmatism by Toric Contact Lens: Experimental Study for Soft Contact Lens Users

Supervisors: X and Elsa Manninen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2011 Number of pages: 78
+ 9 appendices

ABSTRACT

An astigmatic eye has different refractive errors in different meridians. For this reason the correcting lens has to have different powers varying between the two principal meridians. The lens which corrects astigmatism is called a toric lens. The spherical lens has the same power in every direction of the lens. Astigmatism can also be corrected by a contact lens, but mild astigmatism is usually not corrected by contact lenses.

The aim of this study was to assess the need of toric contact lenses in the correction of mild astigmatism. We studied this both objectively by measuring numerical values of visual acuity and subjectively by asking opinions of the subjects. In addition, our intention was to find out in which combinations of spherical and torical powers the toric correction is better than the spherical correction.

We studied the topic by using quantitative methods. The research material was collected with measurements and a questionnaire. The questionnaire was twofold including parts for the researcher and the subject. The study group consisted of thirteen soft contact lens users. Three of the subjects used toric contact lenses and ten of the subjects used spherical contact lenses. Toric contact lens users were fitted with spherical contact lenses and spherical contact lens users were fitted with toric contact lenses.

According to the results, the correction of mild astigmatism could be appropriate when the astigmatism is at least 0.50 D. Toric contact lenses improved the visual acuity in the majority of the subjects. Ultimately subjective experience determined the need of astigmatism correction. The results showed also that there was no certain limit value in spherical power in which the toric correction was better. According to our study, it is individual how the effect of toric contact lenses on the visual acuity is experienced.

Keywords: astigmatism, toricity, axis direction, stabilization of axis direction, soft contact lenses

SISÄLLYS

KIITOKSET	3
TIIVISTELMÄ.....	4
ABSTRACT.....	5
1 JOHDANTO	8
2 SILMÄN RAKENNE JA FYSIOLOGIA PEHMEIDEN PIILOLINSSIEN SOVITUKSEN KANNALTA.....	10
2.1 Sarveiskalvo.....	10
2.2 Limbus	14
2.3 Sidekalvo	15
2.4 Kynnelfilmi.....	16
2.5 Silmäluomet	18
3 ASTIGMATISMI	21
3.1 Astigmatismien aiheuttajat	22
3.2 Astigmatismien korjaaminen	25
4 PEHMEÄT TOORISET PIILOLINSSIT.....	31
4.1 Pehmeiden tooristen piilolinssien rakenne	31
4.2 Pehmeiden piilolinssien materiaalit	36
4.3 Pehmeiden tooristen piilolinssien sovittaminen	39
4.4 Piilolinssit ja näkeminen.....	43
5 TUTKIMUSONGELMAT	46
6 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	48
6.1 Tutkimusjoukon valinta	48
6.2 Aineiston keruumenetelmät.....	49
6.3 Aineiston keruun toteutus ja aineiston analysointi.....	50
7 TUTKIMUSTULOKSET	52
7.1 Taustatietoja koehenkilöistä.....	52

7.2 Lievästi hajataitteen piilolinssikäyttäjän mitattu näöntarkkuus toorisilla piilolinssillä sfäärisiin piilolinssihin verrattuna.....	55
7.3 Sfäärisen ja sylinterivoimakkuuden yhdistelmät ja niiden yhteys hajataitteisuuden korjauksen tarpeeseen toorisella piilolinssillä.....	56
7.4 Lievästi hajataitteen piilolinssikäyttäjän subjektiivinen näkövaikutelma	59
7.4.1 Tyytyväisyys näkö tarkkuuteen	59
7.4.2 Arvio näkemisen tarkkuudesta	60
7.4.3 Arvio näkemisen tarkkuudesta näkemisen eri osa-alueilla	61
7.4.4 Kiinnostus käyttää kokeiltuja piilolinssijä tulevaisuudessa.....	62
7.4.5 Piilolinssien käytön yhteydessä esiintyvät oireet	64
7.5 Koehenkilöiden mielipide piilolinssien hinnan vaikutuksesta piilolinssivalintaan	66
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	67
9 POHDINTA	70
9.1 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys.....	70
9.2 Omat oppimiskokemukset ja jatkotutkimusehdotukset.....	72
LÄHTEET	74
LIITTEET	79

1 JOHDANTO

Korjaamattomassa hajataitteisuudessa verkkokalvolle muodostuva kuva on venynyt ja epätarkka. Epätarkka kuva aiheuttaa sen, että aivot antavat silmän sädekehän lihaksille käskyn toimia kuvan tarkentamiseksi. Hajataitteinen silmä joutuukin koko ajan tekemään työtä yrittäessään saada kuvaa tarkaksi. Tämä aiheuttaa runsaasti astenooppisia rasitusvaivoja, kuten silmien väsymistä ja ärtymistä sekä päänsärkyä. (Hietanen, Hiltunen & Hirn 2005, 13; Saari & Korja 2011, 308.) Tämän vuoksi hajataitteisuus olisi aina aiheellista korjata.

Hajataitteisuutta voidaan korjata toorisella linssillä, jossa voimakkuus on eri pääleikkaussuuntien kesken erilainen. Myös piilolinsskejä valmistetaan toorisina. Koska toorisen piilolinssin pääleikkaussuuntien on tärkeää pysyä oikeassa asennossa, on toorisen piilolinssin asennon stabilisointiseksi kehitelty erilaisia asennon vakauttamismenetelmiä. (Cronly-Dillon 1991, 111; Grönroos 1993, 31, 33.) Lievän hajataiton korjaukseen suositellaan kuitenkin sfääristä piilolinssiä eikä alle 0.75 dioptrian sylinterivoimakkuudella olevia toorisia piilolinsskejä juurikaan valmisteta.

Opinnäytetyömme aiheen valinta perustui mielenkiintoon toorisia piilolinsskejä kohtaan ja siihen, voidaanko piilolinssien käyttäjille tarjota entistä parempi näöntarkkuus ja näkömukavuus. Tutkimuksellamme haluamme selvittää, onko lievää hajataitteisuutta (sylinterikorjaus silmälaseissa välillä 0,50–1,00 dpt) aiheellista korjata piilolinssillä. Tutkimuksen avulla selviää mahdollinen tarve sellaisten tooristen piilolinssien valmistamiseen, joissa on pienempi sylinterivoimakkuus kuin 0.75 dpt. Mikäli tarve tätä pienemmille sylinterivoimakkuuksille todetaan ja myös näille asiakkaille olisi mahdollista tarjota tooriset piilolinssit, kasvaisi myös optikkoliikkeiden piilolinssien myyntikate.

Tutkimuksen tavoitteena on mahdollistaa kaikille piilolinssien käyttäjille paras mahdollinen näönkorjaus. Tutkimuksen avulla saatujen tietojen pohjalta piilolinssioptikot osaavat suositella ja sovitaa oikeanlaisia piilolinsskejä kaikille piilolinssikäyttäjille. Omana henkilökohtaisena oppimistavoitteenamme on pyrkimys hyväksi piilolinssioptikoksi. Tutkimuksen myötä ymmärrys pienen hajataiton korjauksen tarpeesta piilolinssillä syvenee.

Aiheeseen liittyen on tehty muutama tutkimus aikaisemminkin. Vuonna 1999 Kiukkonen ja Piippo tekivät kyselytutkimuksen optikoille aiheesta Näönkorjaus pehmeillä toorisilla piilolaseilla. Tutkimuksessa selvitettiin piilolinssioptikoiden asenteita, tietoja ja mielipiteitä pehmeistä toorisista piilolinssistä. Vuonna 2007 Huhtala ja Kemppainen tekivät kyselytutkimuksen optikoille koskien pehmeiden tooristen piilolasien tarjoamista, sovittamista ja käyttöönottoa Suomessa. Aikaisemmin ei ole tehty tutkimusta piilolinssikäyttäjien näkökulmasta. Myöskään lievän hajataiton korjauksesta ei ole tehty tutkimusta aikaisemmin.

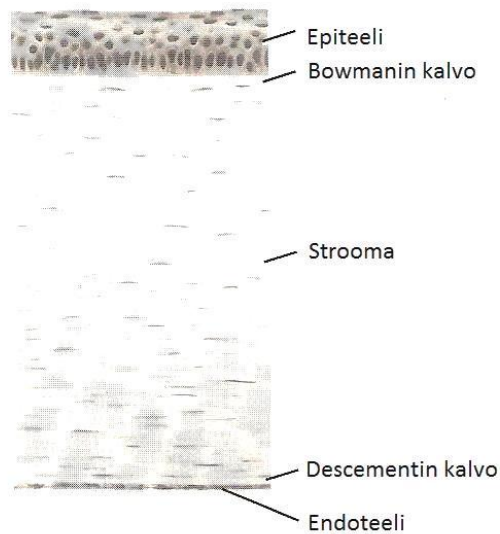
2 SILMÄN RAKENNE JA FYSIOLOGIA PEHMEIDEN PILOLINSSIEN SOVITUKSEN KANNALTA

Piilolinssien sovituksen ja käytön kannalta keskeisimpiä silmän rakenteita ovat sarveiskalvo, limbus, sidekalvo ja silmäluomet. Lisäksi kyynelnesteellä on erittäin merkittävä osa piilolinssipraktiikassa. Seuraavaksi käsittelemme yksityiskohtaisemmin kaikkia edellä mainittuja silmän osia.

2.1 Sarveiskalvo

Läpinäkyvä sarveiskalvo (*cornea*) on silmän etummainen rakenne (Kivelä 2011, 16). Sen päätehtävä on läpäistä ja taittaa valonsäteitä sekä toimia silmän mekaanisena suojana. Sarveiskalvo on silmän valontaittojärjestelmän vahvin osa; sen normaali taittovoima on noin 43 dioptriaa, mikä on yli 2/3 silmän kokonaistaittovoimasta. Sarveiskalvo on elimistön kudoksista parhaiten tuntohermotettu, ja se on myös paksuuteensa verrattuna vahva kudos. (Tervo 2011, 152.)

Sarveiskalvo koostuu viidestä eri kerroksesta: epiteelistä, Bowmanin kalvosta, stroomasta, Descementin kalvosta ja endoteelisolukerroksesta (kuvio 1). Epiteeli on sarveiskalvon päällimmäinen kerros, ja sen paksuus on noin 0,05-0,1 mm (noin 10 % sarveiskalvosta). Epiteeli on sarveistumaton levyepiteeli, joka koostuu 5-7 jatkuvasti uusiutuvasta solukerroksesta. Epiteelin alimmaisen kerroksen solut jakautuvat jatkuvasti. Uudet solut ovat aluksi kuutiomaisia ja ne muuttuvat pintaa kohti siirtyessään litteämmiksi ja leveämmiksi. Lopulta epiteelisolut muuttuvat ohuiksi pintasoluiksi, jotka kuolevat ohjelmoidun solukuoleman kautta ja hilseilevät irti. Epiteeli uusiutuu kokonaan normaalisti noin 7 vuorokaudessa, ja epiteelin vauriot paranevatkin nopeasti ilman arpeutumista. (Kivelä 2011, 16; Tervo 2011, 152; Diekhoff, luentomateriaalit.)



KUVIO 1. Sarveiskalvon poikkileikkaus mikroskooppisesti (Snell & Lemp 1998, 145)

Epiteelin alimmat solut kiinnittyvät epiteelin kiinnitysalustana toimivaan 120–130 nm paksuiseen tyvikalvoon sekä tyvikalvon alla sijaitsevaan Bowmanin kalvoon. Bowmanin kalvo on noin 8-14 μm paksuinen tiivis sidekudoskerros, joka koostuu satunnaisesti järjestyneistä kollageenisäikeistä. Bowmanin kalvo on kestävä, uusiutumaton kerros. Kun Bowmanin kalvon kollageenisäikeiden rikkoutuminen korjaantuu, niihin muodostuu näkyvää arpikudosta. (Kivelä 2011, 16; Diekhoff, luentomateriaalit.)

Bowmanin kalvo erottaa epiteelin stroomasta, joka on sarveiskalvon muotoa ylläpitävä tukikerros. Strooma on paksuudeltaan noin 0,4-0,45 mm ja käsittää siten noin 90 % sarveiskalvosta. Strooma koostuu yhdensuuntaisista kollageenisäikeistä, jotka ovat järjestäytyneet säännönmukaiseen avaruusrakenteeseen. Yhdensuuntaisista kollageenisäikeistä muodostuvat kimput ovat asettuneet kerroksittain noin 200–250 kerrokseksi siten, että päällekkäisten kerrosten kollageenisäikeet ovat kohtisuorasti toisiaan vasten. Kollageenisäikeitä ympäröi strooman perusaine, joka koostuu pääosin mukopolysakkarideista. Kollageenisäiekimppujen muodostamien kerrosten välissä on litteitä, erilaistuneita sidekudossoluja eli keratosyyttejä. Stroomaan asti ulottuvista sarveiskalvon vaurioista aiheutuu keratosyyttien muodostama himmeä arpi. (Kivelä 2011, 16; Tervo 2011, 152–153; Diekhoff, luentomateriaalit.)

Sarveiskalvon Descementin kalvo on endoteelisolujen tyvikalvo, ja se erottaa strooman ja endoteelin toisistaan. Descementin kalvon paksuus on noin 5-10 μm ja paksuus kasvaa jatkuvasti iän myötä. Jos sarveiskalvo turpoaa, joustamattomaan Descementin kalvoon syntyy poimuja. Des-

cementin kalvo on kuitenkin mekaanisesti kestävä ja uusiutuva sarveiskalvon kerros. (Kivelä 2011, 16–17; Diekhoff, luentomateriaalit.)

Sarveiskalvon sisin kerros on yhdestä solukerroksesta muodostuva endoteeli, jonka paksuus on noin 3-5 μm . Endoteelisolukerros päästää lävitseen pienimolekyyllisiä aineita stroomaan etukammionesteestä. Se myös toimii sarveiskalvon pääasiallisena nestepumppuna, joka aktiivisesti pumppaa nestettä stroomasta etukammioon. Jos endoteelisolujen toiminta häiriintyy, sarveiskalvo alkaa turvota ja samentua. Endoteelisolukerros koostuu noin 350 000 uusiutumattomasta solusta, joiden määrä vähenee iän myötä. Vuosittain endoteelisolujen määrä vähenee noin 0,6 %. Koska endoteelisolukossa ei tapahdu syntymän jälkeen solunjakautumisia, on menetettyjen solujen alue korjattava lisäämällä yksittäisten solujen kokoa. Näin yhtenäinen solumatto on mahdollista säilyttää. (Tervo 2011, 153; Diekhoff, luentomateriaalit.)

Sarveiskalvon päätehtäviin kuuluu olla läpinäkyvä näkyvän valon aallonpituuksilla (390–750 nm). Sarveiskalvon läpinäkyvyys perustuu strooman kollageenisäiekimppujen järjestäytymiseen, keratotsyyttien vähäiseen määrään sekä niiden muotoon, järjestäytymiseen ja valonläpäisykykyyn, sarveiskalvon verisuonettomuuteen ja myeliinitupellisten hermojen puuttumiseen. (Tervo 2011, 153–154.) Lisäksi sarveiskalvon endoteelisolukerros huolehtii sarveiskalvon kirkkaudesta ja läpinäkyvyydestä aktiivisella nestepumpputoiminnallaan, jolla se estää sarveiskalvoa turpoamasta (Hietanen ym. 2005, 8). Sarveiskalvon kollageenisäikeiden välimatka toisistaan on valon aallonpituutta lyhyempi. Kun valo osuu yksittäisiin säikeisiin, valonsäteet hajoavat ja sammuttavat toisensa kaikkiin muihin suuntiin paitsi valonsuuntaan. Sarveiskalvon turpoamisen seurauksena säikeiden välimatkat kasvavat ja sarveiskalvon läpinäkyvyys huononee. (Larmi & Päivinen 1980, 231.)

Verisuonettomuus on yksi edellytys sarveiskalvon läpinäkyvyydelle. Koska sarveiskalvossa ei ole verisuonia, on solujen sisäisten ja välisten nestevirtausten toimitettava sille ravinteita ja poistettava siitä kuona-aineita (Larmi & Päivinen 1980, 229). Sarveiskalvon aineenvaihdunta tapahtuu limbuksen verisuonten sekä etukammio- ja kyynelnesteen kautta, joista aineet vaihtuvat diffuusion välityksellä (Kivelä 2011, 17). Tärkeimmät ravintoaineet ovat happi ja glukoosi (Diekhoff, luentomateriaalit). Palamistuloksena glukoosista syntyy maitohappoa, joka entsyymien avulla hajoaa hiilidioksidiksi ja vedeksi. Sarveiskalvo saa ravinteensa suurimmaksi osaksi etukammionesteen ja kyynelnesteen välityksellä. Tarvittavan hapen se saa kyynelnesteestä, johon happi liukenee ulkoilmasta. Näin ollen silmien ollessa kiinni sarveiskalvon hapensaanti laskee. (Larmi & Päivinen 1980, 228–229.)

Sarveiskalvon tuntohermotus on hyvin tiheä (Tervo 2011, 152). Sen pinnassa on 10–50 kertainen määrä hermosoluja verrattuna vastaavaan alueeseen ihossa (Larmi & Päivinen 1980, 226). Näin ollen sarveiskalvo on yksi ihmiselimistön tuntoherkimmistä alueista. Tuntohermotus aistii mekaanista kosketusta, kemiallista ärsytystä ja lämpötuntoa. Sarveiskalvoa hermottaa viidennen aivohermon eli kolmoishermon (*nervus trigeminus*) ensimmäinen haara, silmähermo (*nervus ophthalmicus*). Hermosäikeitä tulee jonkin verran myös yläleukahermon (*nervus maxillaris*) mukana. (Hiltunen ym. 2007, 329; Tervo 2011, 152.) Hermojen päistä puuttuvat myeliinitupet, koska ne estäisivät sarveiskalvon läpinäkyvyyttä (Hietanen ym. 2005, 8). Myeliinituppi häviää sidekalvon ja sarveiskalvon välisellä rajalla, limbuksella (Tervo 2011, 152). Hermojen herkkyyys kasvaa sarveiskalvon keskusta ja pintaan päin mentäessä (Larmi & Päivinen 1980, 227).

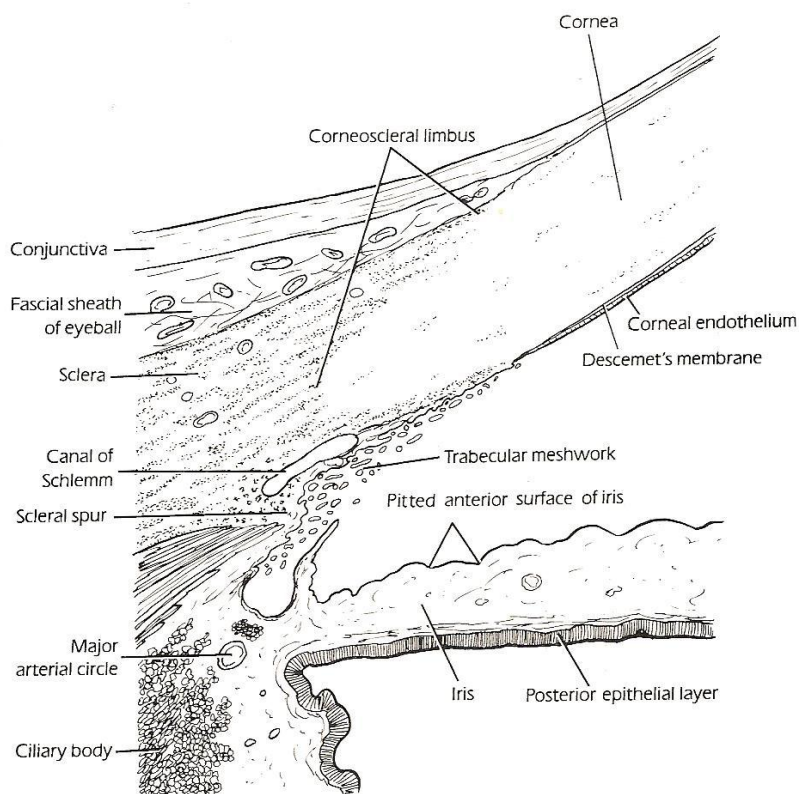
Sarveiskalvo on silmän tärkein valoa taittava kudos, sen taittovoima on noin 2/3 silmän koko taittovoimasta. Optisesti tärkein sarveiskalvon keskialue (3-5 mm) on kaarevuudeltaan lähes sfääriäinen, ja sen etupinnan kaarevuussäteen arvot vaihtelevat 7-8,5 millimetrin välillä. Pienet ja suuret kaarevuudet ovat harvinaisia, yleisimmin kaarevuussäteen arvo sijoittuu 7,4–8,2 millimetrin välille, keskiarvo on 7,86 mm. Sarveiskalvon takapinnan kaarevuudet vaihtelevat 6,2–6,8 millimetrin välillä. Kaarevuussäde kasvaa reunaa kohti, eli sarveiskalvo loivenee reunoille. Sarveiskalvon voimakas valontaittokyky perustuu sen jyrkästi kuperaan, pallopintamaiseen muotoon ja sarveiskalvon (tai tarkkaan ottaen sitä peittävän kyynelnesteen) ja ilman rajapinnassa olevaan suureen taitekertoimien eroon. Valon taittuminen sarveiskalvolla tapahtuu pääosin sen etupinnalla, ja etupinnan kaarevuuden pienikin muuttaminen esimerkiksi taittovirhekirurgiassa tai piilolinssillä muuttaa huomattavasti silmän kokonaistaittovoimaa. Lisäksi vähäisetkin sarveiskalvon pinnan muutokset, kuten kuivuminen, heikentävät näöntarkkuutta. (Kivelä 2011, 16; Tervo 2011, 152; Diekhoff, luentomateriaalit.)

Sarveiskalvon horisontaalinen halkaisija on aikuisella noin 11,7 millimetriä. Edestä katsottuna sarveiskalvo ei kuitenkaan ole täysin pyöreä, vaan sen vertikaalinen halkaisija on noin 10,6 mm. Sarveiskalvon takapinta sen sijaan on lähes pyöreän muotoinen. Sarveiskalvon keskipaksuus on noin 0,5-0,6 millimetriä, paksuuden vaihteluväli on 0,46–0,67 mm. Ohuin sarveiskalvo on myoopeilla, paksuin hyperoopeilla. (Tervo 2011, 152; Diekhoff, luentomateriaalit.) Sarveiskalvo paksuntuu keskeltä reunoille noin 0,02 mm joka millimetrillä (Larmi & Päivinen 1980, 231) ja reunoisien paksuus on keskimäärin 0,7 millimetriä (Tervo 2011, 152). Sarveiskalvo on paksuimmillaan aamulla herätessä ja se ohenee noin 0,02 millimetriä tunnissa. Turpoaminen johtuu siitä, että nukkuessa sarveiskalvo saa vähän happea suljetun luomen alla. Myös piilolinssin käyttö lisää

sarveiskalvon paksuutta, koska sarveiskalvon aineenvaihdunta muuttuu piilolinssin alla. (Larmi & Päivinen 1980, 231–232.)

2.2 Limbus

Sarveiskalvon ja kovakalvon uurremasta rajaa kutsutaan limbukseksi (*limbus corneoscleralis*) (Kivelä 2011, 16). Se on leveydeltään 1,5–2,0 millimetriä. Limbus on rakenteeltaan poikkeava, se koostuu vain kahdesta kerroksesta; paksuuntuneesta epiteelistä ja stroomasta. Sarveiskalvon Bowmanin kalvo päättyy limbuksen sarveiskalvonpuoleisessa laidassa ja Descementin kalvo päättyy limbuksen kovakalvonpuoleisessa laidassa. Sarveiskalvon strooma menettää asteittain säännönmukaisesti järjestäytyneen rakenteensa ja muuttuu kovakalvon stroomaksi. Sarveis- ja kovakalvon liittymisalueella sijaitsevat kammionesteen ulosvirtaustiehyet. Kammiokulmassa on huokoinen, sienimäinen trabekkelivöhyke, jonka kautta kammioneste kulkeutuu limbusalueella sijaitsevaan Schlemmin kanavaan ja sieltä edelleen kokoojaputkia pitkin laskimoverenkiertoon (kuvio 2). (Laaka 1980, 11; Snell & Lemp 1998, 151–152.)



KUVIO 2. Silmän etuosan poikkileikkaus limbuksen kohdalla (Snell & Lemp 1998, 151)

Sarveiskalvolle kasvavat uudisverisuonet ovat lähtöisin limbukselta. Normaalisti sarveiskalvo on verisuoneton, mutta sarveiskalvon tulehdukset voivat johtaa verisuonien kasvamiseen ympäristöstä sarveiskalvolle. Tällöin puhutaan verisuonien uudismuodostuksesta eli neovaskularisaatiosta. Uudisverisuonia voi tulla sarveiskalvolle sen koko ympärykseltä tai ne voivat rajoittua segmenttiin. Myöhemmin neovaskularisaation aiheuttajan poistuessa uudisverisuonet voivat surkastua ja tyhjentyä muodostaen niin kutsuttuja haamusuonia. Myös huonosti istuva piilolinssi voi aiheuttaa verisuonien uudismuodostusta. Kovien piilolinssien käyttäjillä uudissuonitus on harvinaista, mutta pehmeiden piilolinssien käyttäjillä sarveiskalvon uudissuonitusta esiintyy enemmän. Suurempi uudissuonituksen esiintyvyys pehmeiden piilolinssien käyttäjillä johtuu siitä, että pehmeä piilolinssi peittää limbaalisen alueen kokonaan. Tämän vuoksi huolellinen limbuksen tutkiminen mikroskoopilla on tärkeä osa kaikkien pehmeiden piilolinssien käyttäjien piilolinssikontrollia. (Larke 1997, 101, 105; Snell & Lemp 1998, 150.)

2.3 Sidekalvo

Sidekalvo (*conjunctiva*) on ohut, läpinäkyvä ja runsasverisuoninen limakalvo, joka peittää silmäluomien sisäpintaa, silmän etuosaa kovakalvon päältä sekä luomien ja silmän väliin jäävää sidekalvon pohjukkaa eli forniksia. Kovakalvo näkyy silmän ”valkuaisena” kirkkaan sidekalvokudoksen lävitse. Sidekalvon tehtävä on suojella silmää ulkoisilta vammoilta ja tulehduksilta, erittää osa kyynelnesteestä sekä auttaa sitä leviämään silmän pinnalle ja poistumaan kyynelteihin. Lisäksi sidekalvo on löysästi kiinni reunoistaan sekä osittain laskostunut ja siten sallii silmän ja silmäluomien liikkumisen ilman vaurioitumista. (Kivelä 2011, 15; Saari & Kari 2011, 126.)

Tarsaalinen sidekalvo muodostuu ohuesta levyepiteelikerroksesta, kerrostuneesta lieriöepiteelistä ja epiteelin alla olevasta sidekudoksisesta lamina propriasta eli sidekalvon stroomasta. Sidekalvon epiteelin paksuus vaihtelee kahdesta epiteelisolukerroksesta jopa seitsemään siten, että ohuimmillaan se on tarsuksen eli luomituen kohdalla ja paksuimmillaan limbuksen seudussa, jossa pinnalliset solut ovat litteitä ja syvemmät lieriömäisiä. Epiteeli vaihtuu ilman selvää rajaa sarveiskalvon kerrostuneeksi levyepiteeliksi. Epiteelissä on paljon pikarisoluja, jotka erittävät sidekalvon pinnalle kyynelnestettä vettävää limaa eli musiinia. Myös epiteelisolut osallistuvat musiinin tuotantoon. Runsaammin pikarisoluja on sidekalvon pohjukoissa, kun taas kovakalvoa peittävässä sidekalvossa niitä on vähemmän. Epiteelin alla olevassa lamina propriassa on verisuonia, hermoja, imusuonia ja rauhasia. Luomien sisäpintaa peittävä sidekalvo on sileä ja

tiivisti alustaansa kiinnittynyt, kun taas kovakalvoa peittävä sidekalvo on vain löyhästi kiinni ja liikuteltavissa silmän pinnalla. Luomipohjukoissa on runsaasti poimuttunutta sidekalvoa, jotta silmä voi liikkua vapaasti. (Kivelä 2011, 15; Saari & Kari 2011, 126.)

2.4 Kyynelfilmi

Silmäluomien räpytysliike levittää sarveiskalvon ja sidekalvon pinnalle 7-10 µm paksuisen kyynelfilmin. Kyynelfilmi on silmän ensimmäinen valoa taittava kerros ja siksi sen häiriöt heikentävät näkemistä. (Holopainen & Tuisku 2011, 112–113.) Kyynelfilmi tasoittaa sarveiskalvon epiteelin epätasaisuudet ja muodostaa siten tasaisen optisen pinnan (Diekhoff, luentomateriaalit). Lisäksi sen tehtävänä on estää sarveiskalvon kuivuminen sekä osaltaan pitää sarveiskalvo kirkkaana. Näin kyynelfilmi osallistuu silmän taittokyvyn muodostumiseen. (Hietanen ym. 2005, 8.) Kyynelfilmi tuo myös happea ja ravinteita sarveiskalvon ja sidekalvon soluille, huuhtoo kuona-aineita ja roskia silmän pinnalta, suojaa silmän pintaa infektioilta, toimii liukasteena luomien ja sidekalvon sekä sarveiskalvon välillä sekä edistää sarveiskalvohaavojen paranemista (Holopainen & Tuisku 2011, 113).

Kyynelfilmi koostuu kolmesta eri kerroksesta (kuvio 3). Uloimpana on öljymäinen lipidikerros, jonka tehtävänä on hidastaa kyynelnesteen haihtumista silmän pinnalta. (Holopainen & Tuisku 2011, 112; Kivelä 2011, 34.) Kyynelnesteen normaali haihtumisnopeus on noin 0,2 µl minuutissa, mutta ilman lipidikerrosta se olisi noin 15-kertainen. Lipidikerros myös rasvaa luomet ja estää siten kyynelnesteen ylivuotamisen luomireunoilla. (Diekhoff, luentomateriaalit.) Noin 0,1-0,2 mikrometrin paksuinen lipidikerros erittyy luomituen sisällä olevista Meibomin rauhasista sekä pienessä määrin myös Zeissin ja Mollin rauhasista. Keskimäisenä oleva vesikerros on kerroksista paksuin, noin 6,5–7,5 µm. Vesimäisen kerroksen erittävät kyynelrauhanen sekä Krausen ja Wolfringin lisäkyynelraukset. Liukoisia musiineja ja lysosyyimejä sisältävä vesikerros estää bakteerien lisääntymistä. (Snell & Lemp 1998, 122; Holopainen & Tuisku 2011, 112–113.) Kyynelfilmin sisin kerros on lima- eli musiinikerros, joka on kiinnittynyt sarveiskalvon ja sidekalvon epiteeliin. Musiinikerros on paksuudeltaan noin 0,02-0,05 mikrometriä ja sen erittävät sidekalvon pikarisolut. Musiinikerroksen tehtävänä on alentaa pintajännitystä sekä mahdollistaa kyynelfilmin tasainen leviäminen sarveis- ja sidekalvon pinnalle. Ilman limaeritettä kyynel pisaroituisivat silmän pinnalle, joten sen rooli on hyvin merkittävä. Minkä tahansa kyynelfilmin kerroksen vaurio aiheuttaa kuivusoireita. (Holopainen & Tuisku 2011, 112–113; Kivelä 2011, 34.)



KUVIO 3. Kyynelfilmin rakenne (Holopainen & Tuisku 2011, 113)

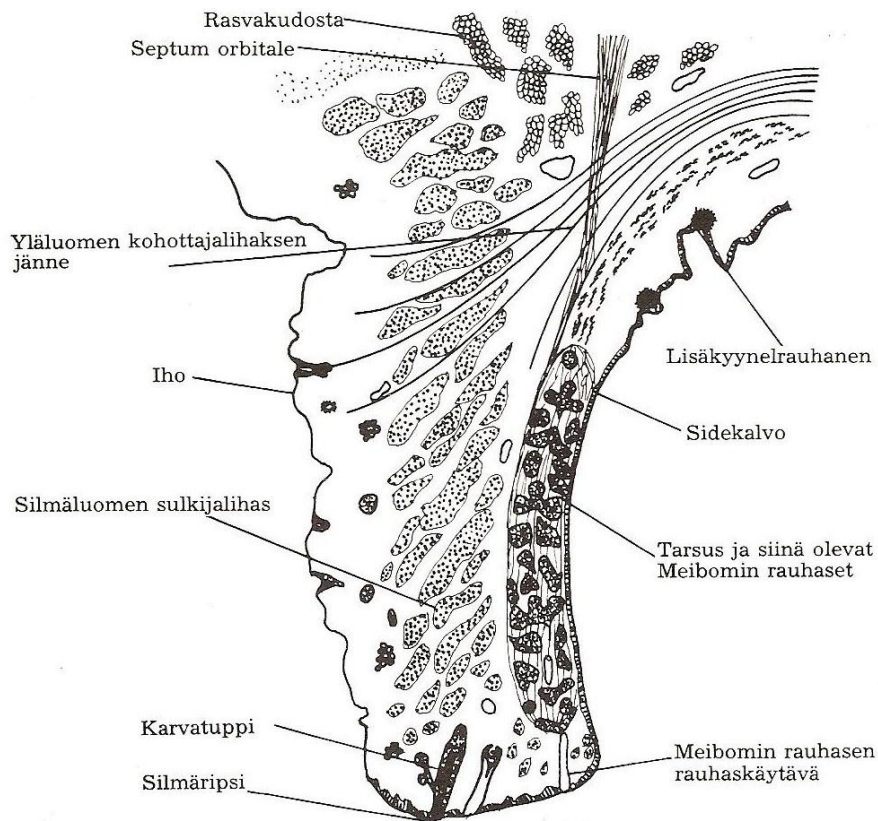
Kyynelnestettä muodostuu kyynelrauhasessa sekä Krausen ja Wolfringin rauhasissa, jotka ovat niin kutsuttuja lisäkyynelrauhasia. Lisäkyynelrauhasten osuus kyynelnesteen tuotannosta on noin 10 %. Kyynelneeste on isotonista suolaliuosta, joka sisältää noin 98,2 % vettä ja 1,8 % erilaisia liuenneita kivennäisaineita. Näitä ovat muun muassa erilaiset proteiinit, kuten albumiini, gamma-globuliinit ja lipokaliini, sekä lysotsyymi- ja fosfolipaasi A2 – entsyymit. Valtaosa kyynelnesteen sisältämistä proteiineista osallistuu bakteeri-infektioiden estoon. Kyynelnesteen pH-arvo vaihtelee 5,2–8,35 välillä, normaalina pH-arvona pidetään 7,4–7,5. Normaalisti kyynelnestettä erittyy 0,5–2,2 µl minuutissa ja kokonaiserityksen vuorokaudessa on arvioitu olevan noin 10 ml. Ärsytettynä kyyneleritys voi kuitenkin hetkellisesti lisääntyä jopa 100-kertaiseksi. Tällaisia kyyneleritystä lisääviä ärsykejä ovat esimerkiksi eräät refleksinomaiset ja psyykkiset ärsykkeet (kipu, tunteet ym.), sarveis- ja sidekalvon ärsytys (esimerkiksi silmän pinnan kuivuessa), kielen ja suun kuuma-ärsytys sekä verkkokalvon häikäiseminen valostimulaatiolla. Kyyneleritys on suurimmillaan lapsuusiässä ja se vähenee ikääntymisen myötä siten, että vanhuusiässä kyynelnestettä erittyy vain 25–30 % lasten ja nuorten kyynelerityksen määrästä. (Larmi & Päivinen 1980, 229–230; Holopainen & Tuisku 2011, 112–113.)

2.5 Silmäluomet

Silmäluomet (*palpebrae*) suojaavat silmää ulkoiselta ärsytykseltä ja rajoittavat silmään tulevan valon määrää (Vesti 2011, 94). Lisäksi silmäluomien räpytysliike levittää kyynelnesteen tasaisesti silmän etupinnalle ja luomet estävät näin osaltaan silmän kuivumisen. Silmäluomet avustavat myös kyynelnesteen poistumista kyynelteihin. (Snell & Lemp 1998, 92.) Pienikin poikkeama silmäluomien rakenteessa saa herkästi aikaan ongelmia niiden toiminnassa ja voi siten häiritä näköä (Vesti 2011, 94). Silmäluomien toiminta ja silmien räpytys vaikuttavat myös olennaisesti pehmeän toorisen piilolinssin asennon stabilisoitumiseen, sillä silmäluomet aiheuttavat silmää räpäytettäessä luonnostaan voimia, jotka saavat aikaan piilolinssin kiertoliikkeen silmässä (Acuvue Oasys for astigmatism –esite, 2008).

Luomien väliin jäävää aukkoa sanotaan luomiraoksi, ja se on korkeudeltaan noin 12 mm ja leveydeltään noin 30 mm. Luomiraon ulkonurkka on noin 2 mm korkeammalla kuin sisänurkka. Yläluomi on liikkuvampi ja kookkaampi kuin alaluomi. Normaalisti silmien ollessa auki ja katsoessa suoraan eteenpäin yläluomi peittää noin yhden millimetrin sarveiskalvon yläreunasta, ja alaluomen yläreuna on limbuksen korkeudella. Silmää räpäytettäessä alaluomi nousee tästä asemastaan vain hieman, kun taas yläluomi peittää silmän sarveiskalvon kokonaan. (Snell & Lemp 1998, 92–93; Vesti 2011, 94.)

Silmäluomessa erotetaan viisi eri kerrosta: iho, ihonalaiskudos, kehälihas, luomituki eli tarsus ja sidekalvo (kuvio 4). Päälimmäisenä on ohut ja elastinen iho, joka ei sisällä lainkaan ihonalaista rasvaa. Iho on erittäin ohut, vain noin 0,5 mm. Ikääntymisen myötä luomen ihon elastisuus vähenee ja siihen muodostuu helposti ryppyjä ja ihopoimuja. Luomireunan kohdalla iho vaihtuu sidekalvoksi. Tätä muutoskohtaa kutsutaan värinsä mukaan harmaaksi juovaksi, ja sen etupuolella sijaitsevat silmäripset ja takaosassa tarsus. Ripset ovat asettuneet 2-3 riviin, ja niitä on yläluomessa noin 100–150 ja alaluomessa 50–75. Ripset puuttuvat luomien sisänurkasta kyynelnystyn ja luomikulman väliltä. Kyynelnystyn päässä on jatkuvasti auki oleva kyynelpiste, jonka koko vaihtelee 0,4–0,8 millimetrin välillä. Kyynelpisteen kautta kyynelneste poistuu kyynelteihin. Silmäripsien talirauhaset ovat erilaistuneet Zeissin rauhasiksi ja suuret hikirauhaset ovat Mollin rauhasia. Nämä rauhaset osallistuvat kyynelfilmin lipidikerroksen erittämiseen. (Snell & Lemp 1998, 93–94; Holopainen & Tuisku 2011, 112–114; Vesti 2011, 94.)



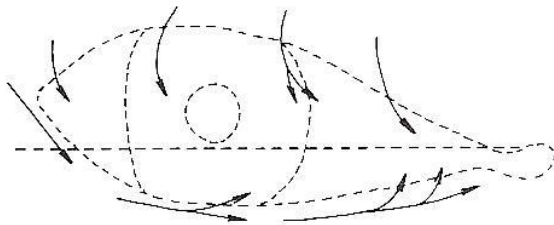
KUVIO 4. Silmäluomen poikkileikkaus (Laaka 1980, 26)

Tarsus muodostuu tiiviistä sidekudoksesta ja se antaa luomelle silmän etupintaa vastaavan muodon. Tarsus toimii luomen tukirakenteena; ilman luomitukea luomi menettäisi jänteytensä eikä liiku normaalisti. Yläluomen luomituki on korkeudeltaan noin 10 mm ja alaluomen noin 4 mm. Luomitukien päät kiinnittyvät luisen silmäkuopan eli orbitan sisä- ja ulkoreunaan luomisiteellä ja ylä- ja alareunaan vahvalla sidekudoskalvolla. Tarsuksen sisällä sijaitsevat silmäluomen suuret talirauhaset eli Meibomin rauhaset, joita on yläluomessa noin 30 ja alaluomessa 20. Niiden rauhaskäytävät avautuvat luomenreunaan harmaan juovan takapuolelle. (Kivelä 2011, 14–15; Vesti 2011, 94.) Luomien sisäpintaa peittää sidekalvo, joka on tiukasti kiinni tarsuksen sisäpinnassa. Ihon ja sidekalvon rajakohta on luomireunan keskivaiheilla. Sidekalvo verhoaa silmäluomen sisäpintaa koko matkalta ja kääntyy runsaita poimuja muodostettuaan verhoamaan kovakalvon pintaa. (Laaka 1980, 27.)

Silmäluomien liikkeistä huolehtii vahva rengasmaisen sulkijalihas eli kehälihas, jota kasvohermo (seitsemäs aivohermo, *nervus facialis*) hermottaa. Hermotus on sekä tahdonalaista että tahdosta riippumatonta. Silmän sulkeminen tapahtuu kehälihaksen avulla. Silmän tahdosta riippumaton sulkeutuminen eli räpytys aiheutuu kehälihaksen tarsiin osan periodisista supistuksista, ja se

tapahtuu tavanomaisesti noin kerran viidessä sekunnissa. Yläluomea kohottaa yläluomen kohottajalihas, joka on kaksiosainen: tahdonalainen poikkijuovainen osa avaa yläluomen ja sitä hermottaa silmän liikehermo (kolmas aivohermo, *nervus oculomotorius*), tahdosta riippumaton sileä Müllerin lihas taas määrää avatun yläluomen tason ja se on sympatikuksen hermotama. Kohottajalihakset nostavat luomen samalle korkeudelle molemmin puolin. Alaluomessa ei ole kohottavaa tai alaspäin vetävää lihasta, vaan sen luomituen alareunaan kiinnittyy alasuorasta silmälihaksesta sidekudossäikeitä, jotka vastaavat alaluomen myötäliikkeistä. (Laaka 1980, 27; Hiltunen ym. 2007, 328–329; Kivelä 2011, 15; Vesti 2011, 95.)

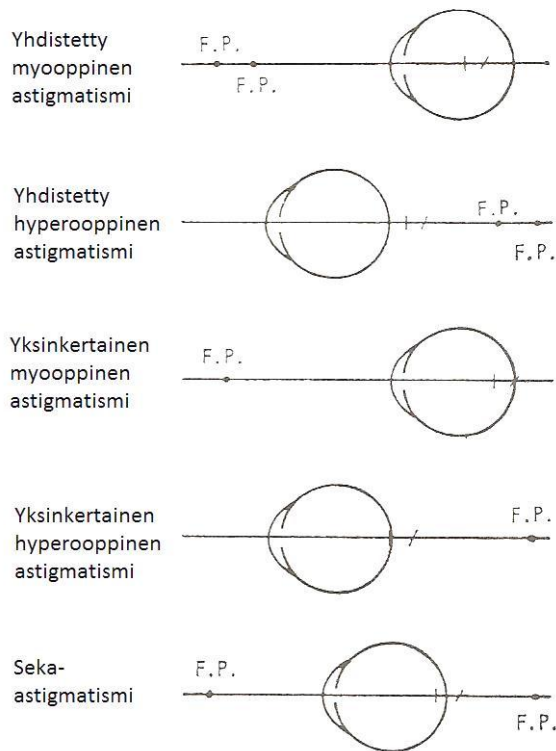
Räpytyksen aikana yläluomi liikkuu nopeasti alaluomea vasten, mistä aiheutuu suuria silmään kohdistuvia voimia. Silmän rakenteen vuoksi nämä voimat eivät jakaudu tasaisesti silmän pinnalle, vaan siirtyvät kohti kyyneltiehyttä (kuvio 5). Voimat aiheuttavat piilolinssin kiertoliikkeen silmässä. Piilolinssin kiertymisen voi havaita mikroskooppitutkimuksessa tarkkailemalla piilolinssin kaiverrusmerkintöjä ja pyytämällä asiakasta räpyttelemään. Piilolinssin kiertyminen ilmenee kiertoliikkeen kääntyessä päinvastaiseksi yläluomen noustessa. (Larke 1997, 9.) Sfäärisiä piilolinssien käyttäessä linssin kiertymisellä ei ole merkitystä, koska voimakkuus linssin eri pääleikkaussuunnilla on kauttaaltaan sama. Tooristen piilolinssien sovituksessa linssin kiertymisellä on kuitenkin suuri merkitys, sillä toorisen piilolinssin kiertyessä silmässä myös linssin sylinterin akseliasento kääntyy. Tällöin näöntarkkuus ei pysy vakaana. Tämän vuoksi tooristen piilolinssien ja siten myös sylinterin akselisuunnan tulisi pysyä aina samassa asennossa. (Filho, Giovedi & Nichols 2004, 5; Twa & Moreira 2004, 95–96.) Toorisen piilolinssin asennon stabilisoimiseksi onkin kehitetty erilaisia asennon vakauttamismenetelmiä, joita esitellään luvussa 4.1.



KUVIO 5. Nuolet kuvaavat räpytyksen aiheuttamien silmään kohdistuvien voimien suuntaa (Larke 1997, 10)

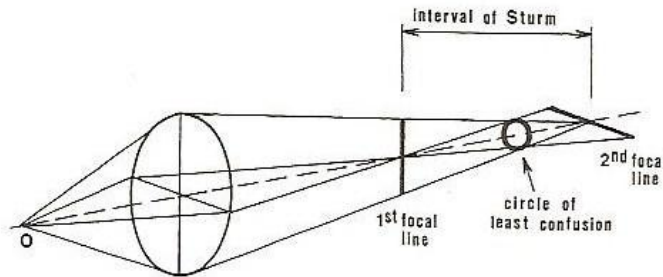
3 ASTIGMATISMI

Astigmaattisessa silmässä taittavat pinnat eivät ole pallon pinnan muotoisia eli sfäärisiä (Saari & Korja 2011, 307). Valonsäteet eivät taitu yhteen pisteeseen vaan muodostavat kaksi erillistä polttoviivaa, jotka ovat kohtisuorassa toisiaan vastaan (Jalie 1999, 28). Astigmatismi tarkoittaa kirjaimellisesti ”ei pistettä” (Michaels 1988, 9). Polttoviivat sijaitsevat eri etäisyyksillä optisesta systeemistä (Millodot 1997, 24) ja niiden asettuminen verkkokalvoon nähden silmän ollessa akkommodaatiolevossa määrittää astigmatismien muodon (kuvio 6) (Bennett & Rabbetts 1998, 82). Astigmatismi voi yhdistyä liki- tai kaukotaitteisuuteen (yhdistetty astigmatismi), jolloin polttoviivat ovat verkkokalvon edessä tai takana. Polttoviivat voivat asettua myös siten, että toinen on verkkokalvolla ja toinen joko verkkokalvon edessä tai takana (yksinkertainen astigmatismi). Silloin, kun toinen polttoviiva on verkkokalvon edessä ja toinen sen takana, on kyseessä seka-astigmatismi. (Jalie 1992, 325.)



KUVIO 6. Astigmaattinen silmä (mukaillen Jalie 1992, 325)

Astigmaattisen optisen systeemin muodostamien polttoviivojen välistä aluetta kutsutaan Sturminkonoidiksi (kuvio 7) (Millodot 1997, 251). Polttoviivojen puolivälissä valonsäteet muodostavat ympyrän, jota kutsutaan pienimmän hajonnan ympyräksi. Tässä kohdassa kohteesta muodostunut kuva on vähiten vääristynyt. On kuitenkin huomattava, että pistemäisestä kohteesta verkkokalvolle muodostunut kuva ei tällöinkään ole piste vaan ympyrä, ja kuva on tasaisen sumea. (Michaels 1988, 9-10.)



KUVIO 7. Astigmaattinen valonsädekimppu (Millodot 1997, 24)

Korjaamattomassa astigmatismissa verkkokalvolle muodostuva kuva on venynyt ja epätarkka. Epätarkka kuva aiheuttaa sen, että aivot antavat sädekehän lihaksille käskyn toimia kuvan tarkentamiseksi. Astigmaattinen silmä joutuukin koko ajan tekemään työtä yrittäessään saada kuvaa tarkaksi. Tämä aiheuttaa runsaasti astenooppisia rasitusvaivoja, kuten silmien väsymistä ja ärtymistä sekä päänsärkyä. (Hietanen ym. 2005, 13; Saari & Korja 2011, 308.) Koska akkommodaatio ei pysty siirtämään astigmaattisen silmän polttoviivoja samanaikaisesti verkkokalvolle, on akkommodaatio epävaka ja aiheuttaa siten astenooppisia oireita. Näin käy etenkin silloin, kun astigmaattinen virhe on pieni. Hieman paradoksaalisesti suurempi astigmaattinen virhe voi aiheuttaa vähemmän astenooppisia oireita, koska näkö on liian huono saadakseen aikaan akkommodaation pumppaavan säätelyn kahden polttoviivan välillä. (Bennett & Rabbetts 1998, 93.)

3.1 Astigmatismien aiheuttajat

Astigmaattisen silmän optiikassa on yleensä kaksi toisistaan poikkeavaa pääleikkaustasoa. Astigmatismissa silmän optinen järjestelmä ei muodosta kohteesta pistemäistä kuvaa, vaan esinepiste kuvautuu kahtena toisiaan vastaan kohtisuorana polttoviivana. (Korja 2008, 72.) Astigmaattisen silmän taittovoima on siis erisuuruinen eri suunnissa (Snell & Lemp 1998, 148). Tämä johtuu yleensä yhden tai useamman taittavan pinnan toorisuudesta. Astigmatismia voi aiheuttaa myös

viistosti silmään tuleva valo tai se voi kehittyä mykiön subluksaation eli osittaisen siirtymisen, diabeteksen, kaihin tai vamman seurauksena. (Millodot 1997, 24.)

Tavallisesti astigmatismi aiheutuu sarveiskalvon eri pääleikkausten kaarevuussäteiden erilaisuudesta. Säännöllisessä astigmatismissa suurin ja pienin kaarevuussäde ovat kohtisuoraan toisiaan vastaan olevissa meridiaaneissa. (Saari & Korja 2011, 307.) Yleensä sarveiskalvon pystysuora suunta on jyrkempi kuin vaakasuora suunta (Snell & Lemp 1998, 148). Pystysuoralla pääleikkauksella on siis pienempi kaarevuussäde kuin vaakasuoralla, jolloin valonsäteet taittuvat pystysuorassa tasossa enemmän kuin vaakasuorassa tasossa (Saari & Korja 2011, 307). Taittovoima on siis suurin pystysuorassa pääleikkaussuunnassa (Millodot 1997, 25). Tällaista astigmatismia kutsutaan suoraksi eli säännönmukaiseksi astigmatismiksi. Vastaavasti säännönvastaisessa astigmatismissa sarveiskalvon vaakasuoran pääleikkauksen kaarevuussäde on pystysuoran pääleikkauksen kaarevuussädettä pienempi. (Saari & Korja 2011, 307.) Tällöin suurin kaarevuus on vaakasuoralla pääleikkauksella (Bennett & Rabbetts 1998, 78) ja sillä on myös suurin taittovoima (Millodot 1997, 24). Kaarevuutta vastaavasti kahdella pääleikkaussuunnalla on siis erilainen voimakkuus. Pinnan astigmaattisuus voidaan ilmaista dioptrioina kahden päävoimakkuuden välisenä erotuksena. (Bennett & Rabbetts 1998, 78.)

Epäsäännöllisessä astigmatismissa silmän taittavien pintojen, tavallisesti sarveiskalvon, kaarevuussäteet ovat epäsäännöllisesti järjestäytyneet. Kaksi pääleikkausta eivät siis ole toisiaan vastaan kohtisuorassa. Syynä tähän voivat olla arpien tai keratokonuksen aiheuttama sarveiskalvon epätasaisuus, mykiön luksaatio (irtoaminen) tai subluksaatio (osittainen siirtyminen) sekä silmän pohjan tulehdustaudit tai kasvaimet. (Millodot 1997, 24; Saari & Korja 2011, 308.) Epäsäännöllinen astigmatismi voi aiheutua myös mykiön taitekertoimen paikallisista vaihteluista (Bennett & Rabbetts 1998, 90).

Sarveiskalvon muodon mittaamiseen käytetään keratometriä, jonka antamat K-arvot kertovat keskeisen alueen kaarevuussäteet sen pääleikkaussuunnissa (Larmi & Päivinen 1980, 236–237). Sarveiskalvo on harvoin täysin sfäärinen edes optisen akselin välittömässä läheisyydessä (Bennett & Rabbetts 1998, 79). Reunaa kohti sarveiskalvon kaarevuussäde kasvaa eli sarveiskalvo loivenee reunoille (Kivelä 2011, 16). Näin ollen sarveiskalvo on useimmiten ainakin hieman astigmaattinen (Bennett & Rabbetts 1998, 79). Sarveiskalvoastigmaattisuus määrää piilolinssin istuvuustekijöitä sekä kovien että pehmeiden piilolinssien sovituksessa (Larmi & Päivinen 1980, 239).

Keratometrillä voidaan määrittää sarveiskalvon kaarevuussäteet ja taittovoima, sarveiskalvon astigmaattisuus ja akselisuunta sekä sarveiskalvon pinnan epäsäännöllisyys. Lisäksi keratometriä voidaan käyttää silmään sovitetun pehmeän piilolinssin istuvuuden ja etupinnan laadun arvioimisessa. Keratometrin mittaustekniikka perustuu sarveiskalvon kuvanmuodostukseen pinnan peiliheijastuksessa. Keratometrin testimerkki kuvautuu sarveiskalvon etupinnasta kuperan peilipinnan kuvaussääntöjen mukaisesti. Kaarevuussäde määrytyy testimerkin etäisyyden ja koon sekä kuvan koon mukaan. Sen alueen suuruuden, jolta kaarevuussädearvo saadaan, määrää testimerkin laajuus tutkittavan silmän edessä. Käytännössä tämä alue on 2-4 millimetriä, ja se riippuu laitteesta ja sarveiskalvon kaarevuussäteestä. Testimerkkien sarveiskalvoheijastekuvista voidaan todeta pienetkin poikkeamat sarveiskalvon pinnan muodossa. (Larmi & Päivinen 1980, 238.)

Astigmatismi voi olla myös mykiön aiheuttama (Saari & Korja 2011, 307). Mykiö on epäsymmetrisesti kaksoiskupera läpinäkyvä linssi, jonka taittovoima on noin kolmasosa silmän koko taittovoimasta. Mykiön takapinta on jonkin verran kuperampi kuin etupinta. (Teräsvirta 2011, 209.) Mykiön pinnat eivät ole täysin sfäärisiä, vaan ne loivenevat reunoja kohti. Joko toinen tai molemmat mykiön pinnoista voivat olla toorisia. Myös sfäärinen mykiö voi kallistuessaan tai sarveiskalvoon nähden huonosti keskiöityneenä aiheuttaa astigmatismia. Kaiken refraktiivisen astigmaattisuuden, joka ei ole peräisin sarveiskalvosta, voidaan olettaa johtuvan mykiöstä. Mykiön aiheuttamaa astigmatismia sanotaan lentikulaariseksi astigmatismiksi. (Bennett & Rabbetts 1998, 12, 79.)

Silmän kokonaisastigmatismi muodostuu sarveiskalvon ja mykiön toorisuuksien yhteisvaikutuksena (Millodot 1997, 25). Sarveiskalvon takapinta korjaa noin kymmenesosan sarveiskalvon etupinnan aiheuttamasta astigmatismista (Bennett & Rabbetts 1998, 79). Osa sarveiskalvoastigmaattisuudesta korjautuu usein vastakkaissuuntaisella mykiöastigmaattisuudella, joten sarveiskalvoastigmaattisuus ei suoraan kerro refraktion astigmatismien määrää (Larmi & Päivinen 1980, 239). Sarveiskalvon ja mykiön osuudet kokonaisastigmatismista vaihtelevat. Jos refraktiivinen astigmatismi vastaa sekä määrältään että asennoltaan sarveiskalvon astigmatismia, on mykiö sfäärinen. (Müller 1984, 180–181.) Mykiön osuus astigmatismien määrästä saadaan selville laskemalla sarveiskalvon astigmaattisuus keratometriarvoja hyväksi käyttäen. Lasketaan kaavalla 1 sarveiskalvon astigmaattisuus esimerkitapauksessa, jossa refraktion astigmatismien määrä on -1,00 dpt ja sarveiskalvon pääleikkausuuntien kaarevuussäteet ovat 8.08 mm ja 7.75 mm.

KAAVA 1. Sarveiskalvon astigmaattisuuden laskentakaava.

$$D = \frac{n-1}{r}$$

missä

D = Pääleikkaussuunnan voimakkuus (dpt)

n = Sarveiskalvon taitekerroin

1 = Ilman taitekerroin

r = Pääleikkaussuunnan kaarevuussäde (m)

$$D_1 = \frac{1.3375-1}{0.00808 \text{ m}} = 41.77 \text{ dpt} \qquad D_2 = \frac{1.3375-1}{0.00775 \text{ m}} = 43.55 \text{ dpt}$$

Sarveiskalvon astigmaattisuus on sen pääleikkauksien voimakkuuksien erotus:

$$D_1 - D_2 = 41.77 \text{ dpt} - 43.55 \text{ dpt} = -1.78 \text{ dpt} \approx -1.75 \text{ dpt}.$$

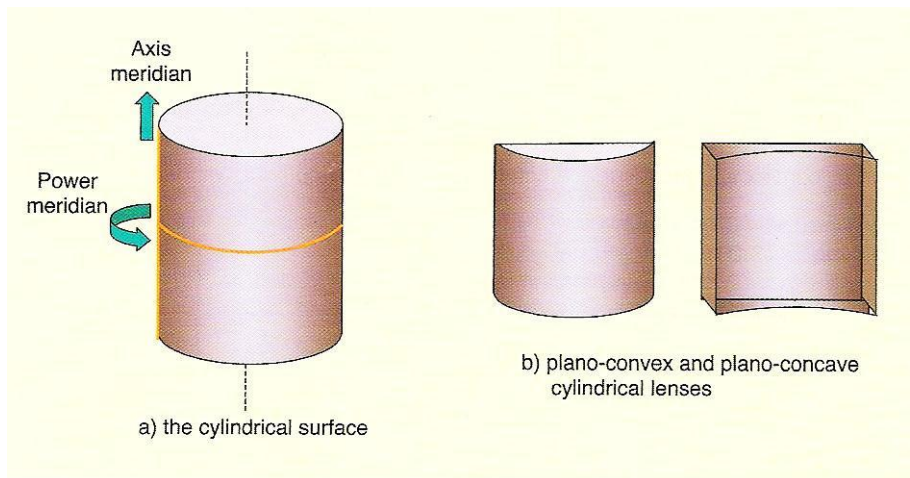
Koska refraktion astigmatismien määrä on -1.00 dpt ja sarveiskalvon astigmatismien määrä -1.75 dpt, on mykiön astigmaattisuus refraktion ja sarveiskalvon astigmaattisuuksien erotus eli +0.75 dpt. Vastakkaissuuntainen mykiön astigmaattisuus korjaa siis osan sarveiskalvon astigmaattisuudesta.

3.2 Astigmatismien korjaaminen

Astigmatismi korjataan linssillä, jonka voimakkuus on erilainen eri päämeridiaaneilla. Voimakkuus vaihtelee siten, että toisessa päämeridiaanissa on pienin voimakkuus ja sitä vastaan kohtisuorassa meridiaanissa on suurin voimakkuus. Jos toisessa meridiaanissa ei tarvita lainkaan korjausta, voidaan käyttää sylinterilinssiä. (Jalie 1999, 13.) Yleensä korjausta tarvitaan kuitenkin molemmissa päämeridiaaneissa, ja tällöin tarvitaan sfäärissylinteristä linssiä (Jalie 1992, 19).

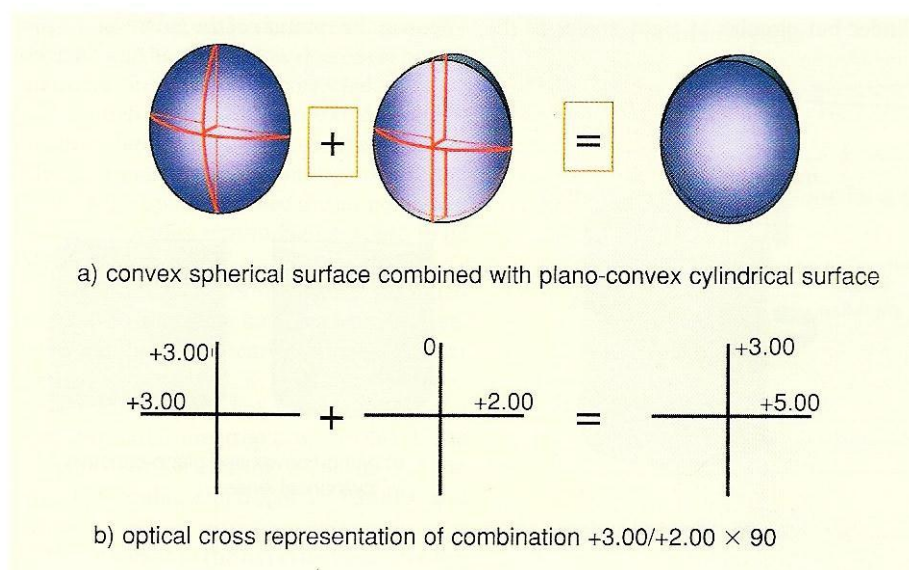
Sylinteripinta on yksinkertainen ei-sfäärinen pinta. Sylinterilinssi muodostuu pienestä sylinterin osasta ja se voi olla joko kupera tai kovera (kuvio 8). Sillä on kaksi toisiaan vastaan kohtisuorassa olevaa pääleikkausta. (Michaels 1988, 7; Bennett & Rabbetts 1998, 78.) Pääleikkaus, jonka kaarevuus ja voimakkuus ovat nolla, on sylinterin akseli (Millodot 1997, 26). Sylinterin akselia

vastaan kohtisuorassa on pinnan suurin kaarevuus (Jalie 1992, 20) ja tällä päällekkäyksellä on sylinterilinssin suurin taittovoima (Saari & Aarnisalo 2011, 44).



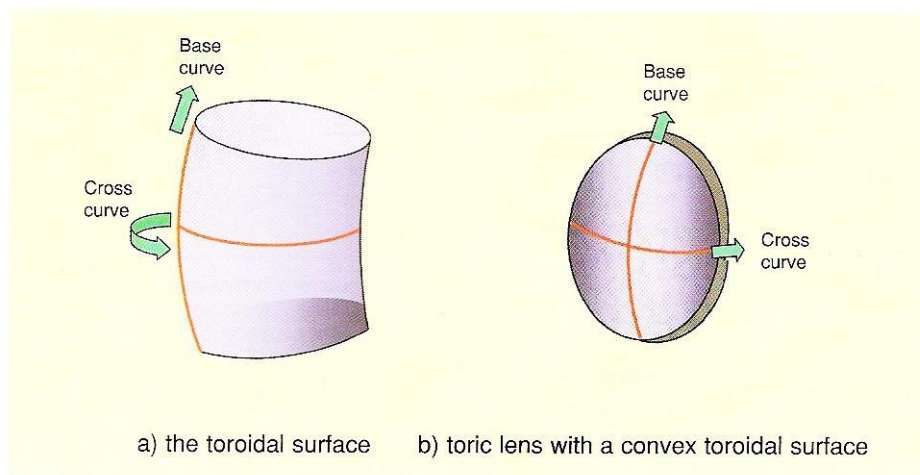
KUVIO 8. Sylinteripinta ja sylinterilinssit (Jalie 1999, 13)

Linssiä jossa on yksi sfäärinen pinta ja yksi sylinteripinta kutsutaan sfäärissylinteriseksi linssiksi (Millodot 1997, 146). Sen voidaan ajatella muodostuvan päällekkäin asetetuista sfäärisestä ja sylinterilinssistä (kuvio 9). Koska sylinterilinssillä ei ole voimakkuutta akselinsa suunnassa, täytyy yhdistelmän akselin suuntaisen voimakkuuden olla kokonaan peräisin sfäärisestä osasta. Yhdistelmän akselia vastaan kohtisuoran päämeridiaanin voimakkuus on sfäärisen ja sylinterilinssin voimakkuuksien summa. (Jalie 1999, 14.)



KUVIO 9. Sfäärissylinterinen linssi (Jalie 1999, 14)

Käytännössä sfäärissylinteriset linssit on muotoiltu kaareviksi, koska kaareva linssi muodostaa paremman kuvan linssin reuna-alueilta katseltaessa. Kuvio 10 kuvaa sylinteriä, joka kaareutuu myös akselinsa suunnassa. Tällaista pintaa kutsutaan tooriseksi pinnaksi. (Jalie 1999, 16.) Toorinen pinta on yleisesti silmälasilinsseissä käytetty pinnanmuoto. Toorisella pinnalla on kaksi pääleikkausta, jotka sijaitsevat 90 asteen kulmassa toisiinsa nähden. Pääleikkauksista toisella on pinnan pienin ja toisella suurin kaarevuus. Pienin kaarevuus on pinnan peruskaarevuus (base curve) ja suurin pinnan poikkikaarevuus (cross curve). (Millodot 1997, 146; Bennett & Rabbetts 1998, 78.) Pääleikkauksilla on toorisen pinnan päävoimakkuudet, joista kumpikaan ei ole nolla. Peruskaarevuudella on pinnan pienempi voimakkuus ja poikkikaarevuudella suurempi voimakkuus. Yksinkertaisen sylinteripinnan peruskaarevuuden eli akselin suuntaisen voimakkuuden arvo on nolla ja poikkikaarevuuden voimakkuus on sylinteripinnan voimakkuus. Toorisella pinnalla taas akselin suunta on myös kaareutunut ja pinnan sylinterivoimakkuus on peruskaarevuuden ja poikkikaarevuuden voimakkuuksien erotus. (Jalie 1999, 16.) Toorisen pinnan peruskaarevuuden voimakkuus on pinnan sfäärinen voimakkuus (Bennett & Rabbetts 1998, 79).



KUVIO 10. Toorinen pinta ja linssi (Jalie 1999, 16)

Toorisen linssin sfäärinen voimakkuus korjaa silmän mahdollisen sfäärisen taittovirheen, ja sylinterivoimakkuus korjaa silmän astigmaattisuuden. Taittovirhe määritetään siis erikseen kummallekin pääleikkaussuunnalle. Korjaavan sylinterin voimakkuuden on oltava sama kuin silmän sylinterillä, mutta sen voimakkuusvaikutuksen on oltava silmän sylinteriin nähden vastakkainen. (Bennett & Rabbetts 1998, 79.) Säännömukainen astigmatismi korjataan miinussylinterilinssillä, jonka akseli on noin 180 astetta, ja vastaavasti säännönvastainen astigmatismi korjataan miinussylinterilinssillä, jonka akseli on noin 90 astetta (Saari & Korja 2011, 308). Sylinteri voidaan merkitä

silmä- tai piilolinssimääräykseen joko plus- tai miinussylinterimuodossa. Esimerkiksi linssi, jonka pääleikkauksien voimakkuudet ovat +2,0 dpt ja +1,50 dpt ja jonka voimakkaammin taittava pääleikkausuunta on 45 asteessa, voidaan esittää miinussylinterimuodossa sf +2,0 cyl -0,50 ax 45 tai plussylinterimuodossa sf +1,50 cyl +0,50 ax 135. (Jalie 1999, 16.)

Astigmatismien korjaaminen pehmeällä toorisella piilolinssillä

Astigmaattisuutta voidaan korjata silmälasilinssien lisäksi myös pehmeillä toorisilla piilolinseillä, joita käsitellään tarkemmin luvussa 4. Tuotantotekniikan kannalta perustellusti on päädytty neljännesdioptrian suuruiseen voimakkuusporrastukseen. Näin voimakkuusvaihtoehdot on saatu karsittua minimiin saavuttaen kuitenkin riittävän tarkka näönkorjaus. Silmän anatomiset rakenteet eivät kuitenkaan aiheuta taittovirheitä 0.25-portain, vaan kymmenes- tai sadasosien suuruisin porrastuksin määrittystarkkuudesta riippuen. Näin ollen silmissä olevat taittovirheet korjataan teknisillä, lähimmäs osuvilla likiarvovoimakkuuksilla. Silmälasien osalta tämä likiarvokorjaus ei ole kovin merkittävä ongelma, sillä suurimmillaankin jäännösvirhe on vain noin 0.125 dpt. Esimerkiksi tarkka refraktioarvo 0.625 dpt korjataan joko arvolla 0.50 tai 0.75 käyttötarpeesta riippuen. Kuitenkin näönkorjauksessa pehmeillä piilolinseillä tämä voi tarkoittaa korjaamatonta 0.625 sylinteriarvoa. Esimerkiksi 0.60 dioptrian suuruinen anatominen sylinterivirhe pyöristyy silmälasiarvona hyvin todennäköisesti arvoon 0.50. Jos tämä silmälasiarvo cyl 0.50 korvataan automaattisesti pehmeällä sfäärisellä piilolinssillä, aiheutetaan jo 0.60 dpt suuruinen korjaamaton virhe astigmaattisuudessa, mikä olisi silmälasikorjauksessa jo merkittävä virhe. (Luentomateriaalit 2011.)

Akselinsuunta vaikuttaa korjaamattoman sylinterivirheen aiheuttamaan näöntarkkuuden heikentymiseen. Keväällä 2011 Oulun seudun ammattikorkeakoulun optometristiopiskelijat tekivät mittauksia lievän hajataiton vaikutuksesta näöntarkkuuteen. Mittauksista kävi ilmi, että lievä korjaamaton säännönvastainen astigmatismi heikentää näöntarkkuutta enemmän kuin säännönmukainen (liite 1). (Luentomateriaalit 2011.) Yhteenveto lievän korjaamattoman astigmatismien vaikutuksesta näöntarkkuuteen on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Lievän korjaamattoman astigmatismiin vaikutus näöntarkkuuteen

Astigmatismin määrä	Säännönmukainen astigmatismi		Säännönvastainen astigmatismi	
	OD	OS	OD	OS
0.50 dpt	visus korjaamattomana 1.1105	visus korjaamattomana 1.166	visus korjaamattomana 1.0171	visus korjaamattomana 1.034
	visus korjattuna 1.361	visus korjattuna 1.337	visus korjattuna 1.361	visus korjattuna 1.337
ero	0.2505	0.171	0.3439	0.303
0.75 dpt	visus korjaamattomana 0.976	visus korjaamattomana 0.981	visus korjaamattomana 0.93	visus korjaamattomana 0.909
	visus korjattuna 1.361	visus korjattuna 1.337	visus korjattuna 1.361	visus korjattuna 1.337
ero	0.385	0.356	0.431	0.428

Tekemällä päällerefraktion sylinterein kaikille piilolinssiasiakkaille, joiden silmälasien sylinterikorjaus on 0.50 saisi helposti selville, olisiko toorisen pehmeän piilolinssin pienin sylinteriarvo 0.75 dpt lähempänä todellista korjaustarvetta kuin astigmatismiin nollakorjaus pehmeällä sfäärisellä piilolinssillä. Koska silmälasiarvo cyl 0.50 voi olla välillä 0.40–0.60, olisi maksimiylikorjaus 0.75 sylinteriarvolla käytännössä sama kuin korjaamatta jäävä osuus pienimmillään sfäärisellä pehmeällä piilolinssillä. (Luentomateriaalit 2011.)

Myös pintaväli aiheuttaa voimakkuusmuutosta sylinteriarvossa. Taulukossa 2 on esitetty pintavälin vaikutus sylinteriarvoihin kahdella erisuuruisella sfäärisellä voimakkuudella. Refraktiossa 1 sfäärinen voimakkuus on -1.50 dpt ja refraktiossa 2 sfäärinen voimakkuus on -7.50 dpt. Molempien refraktioiden sylinterivoimakkuus silmälasissa on -0.75 dpt. Silmälasien pintaväli on 14 mm ja piilolinssin pintaväli on 0 mm. Taulukossa esitetään sylinterivoimakkuus pintavälillä 0 mm. Laskuesimerkit on esitetty liitteessä 2.

TAULUKKO 2. Pintavälin vaikutus sylinterivoimakkuuteen

Refraktio	Pääleikkaus 1 14 mm	Pääleikkaus 2 14 mm	Pääleikkaus 1 0 mm	Pääleikkaus 2 0 mm	cyl 0 mm
1	-1.50 dpt	-2.25 dpt	-1.47 dpt	-2.18 dpt	-0.71 dpt
2	-7.50 dpt	-8.25 dpt	-6.79 dpt	-7.40 dpt	-0.61 dpt

Kun kumpaankin silmään sovitetaan pehmeä sfäärinen piilolinssi, jää molemmissa tapauksissa anatominen sylinterivirhe korjaamatta. Pienemmässä voimakkuusyhdistelmässä toorisen pehmeän piilolinssin kokeileminen vaihtoehtona olisi ilmeisen hyödyllinen, suuremmassa voimakkuusyhdistelmässä verkkokalvokuvan kasvu korvaa osan cyl-jäännösvirheen aiheuttamasta epätarkkuudesta. (Luentomateriaalit, 2011.)

4 PEHMEÄT TOORISET PILOLINSSIT

Piilolinssijä valmistetaan silmälasilinssien tapaan sfäärisinä, asfäärisinä sekä toorisina. Hajataitoisuutta korjataan toorisella piilolinssillä, jossa voimakkuus on eri pääleikkaussuuntien kesken erilainen. Koska toorisen piilolinssin pääleikkaussuuntien on tärkeää pysyä oikeassa asennossa, on toorisen piilolinssin asennon stabilisoimiseksi kehitelty erilaisia asennon vakauttamismenetelmiä. Vakauttamismenetelmiin kuuluu yleisesti ottaen linssin paksuusvaihtelut, minkä vuoksi toorinen piilolinssi läpäisee eri vyöhykkeilään happea huominkin kuin sfäärinen piilolinssi. Tämän vuoksi toorisen piilolinssin valmistusmateriaaleihin ja niiden ominaisuuksiin on kiinnitettävä erityistä huomiota.

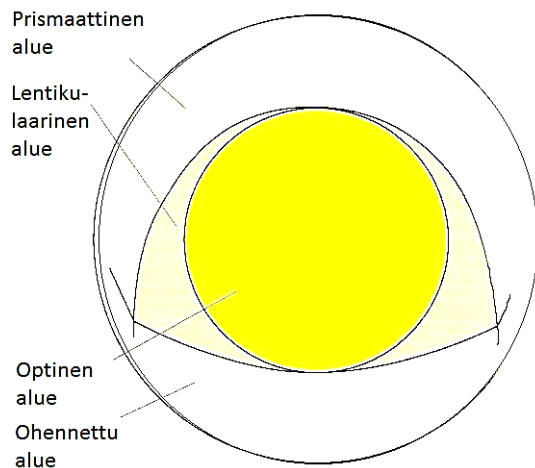
Toorinen piilolinssi sovitetaan fyysisesti samoin kuin sfäärinen. Sovitettavan linssin voimakkuus valitaan tehdyn refraktion perusteella ja linssin peruskaarevuus, paksuus sekä halkaisija valitaan asiakkaalle sopivaksi. Toorisen piilolinssin sovituksessa on tärkeää seurata lisäksi akseliasennon kiertymistä.

4.1 Pehmeiden tooristen piilolinssien rakenne

Piilolinssijä valmistetaan sfäärisinä, asfäärisinä sekä toorisina. Sfäärinen tarkoittaa pallopintaa eli sellaista linssiä, jossa on vain yksi etupinnan ja yksi takapinnan kaarevuussäde (Grönroos 1993, 31). Sfäärisessä piilolinssissä voimakkuus on siis sama jokaisessa suunnassa (Diekhoff, luentomateriaalit). Tästä syystä ei haittaa, vaikka sfäärinen piilolinssi pääseekin kiertymään silmässä (Cronly-Dillon 1991, 111). Asfäärisessä linssimuotoilussa on useita eri kaarevuussäteitä eikä se siis ole pallopintainen niin kuin sfäärinen. Toorisessa piilolinssissä sen sijaan on yhdistetty pallo- ja sylinteripinta, jolloin piilolinssin voimakkuus vaihtelee eri meridiaaneilla (Grönroos 1993, 5, 33; Kemppainen, luentomateriaalit). Tämän vuoksi toorisen piilolinssin täytyy pysyä määrättyssä asennossa. Asennon vakauttamiseksi on suunniteltu erilaisia tekniikoita, kuten truncation-tekniikka, prismapainotus sekä dynaaminen stabilointi eli ohuempien vyöhykkeiden käyttö piilolinssissä. (Cronly-Dillon 1991, 111.) Jotkut valmistajat käyttävät näiden vakauttamiskeinojen yhdistelmiä (Ruben & Guillon 1994, 651).

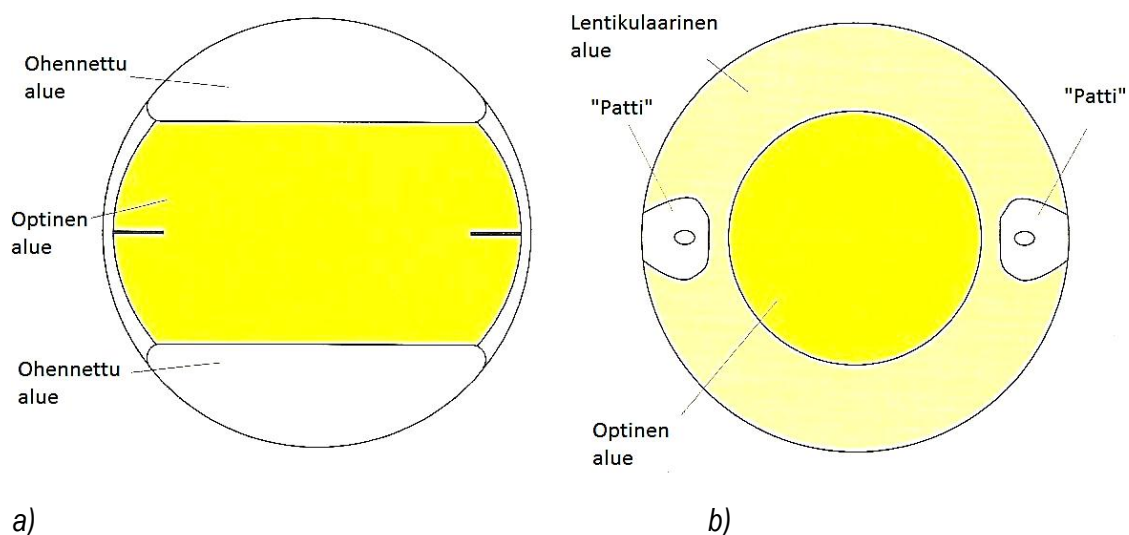
Truncation viittaa linssin typistämiseen eli osa piilolinssistä on poistettu (Cronly-Dillon 1991, 111). Linssistä poistetaan pala joko alapuolelta (single truncation) tai sekä ala- että yläpuolelta (double truncation). Single truncation -tekniikkaa käytetään vain harvoin yksinään, yleensä sitä käytetään yhdessä prismapainotuksen kanssa. Double truncation -tekniikka sen sijaan on todettu huonoksi linssin akseliasennon stabiloimisessa. Lisäksi typistystekniikalla valmistetun linssin nurkat voivat vahingoittaa alaluomea tai limbuksen aluetta, mikäli reuna on huonosti viimeistelty. (Ruben & Guillon 1994, 651–654.) Typistystekniikka ei useinkaan toimi, sillä silmäluomella ei näytä olevan vaikutusta tämän linssin asentoon eikä sijaintiin. Tätä tekniikkaa käytetäänkin nykyään vain harvoin, koska prismapainotuksella sekä dynaamisella stabiloinnilla on saatu aikaan parempia tuloksia. (Lindsay 1998, 20.)

Prismapainotus on usein käytetty tekniikka linssin asennon stabilisoimiseksi (kuvio 11). Prismapainotus tehdään lisäämällä linssin alareunaan paksuutta, jolloin yläluomi painaa linssin paksuinta kohtaa vasten alaluomea. (Lindsay 1998, 20.) Tätä kutsutaan vesimelonin siemen – periaatteeksi (Sarkkinen & Helenius 1996, 7). Räpytyksen aikana yläluomi kiristyy tiukemmin linssin paksumman kohdan päälle aiheuttaen suuremman alaspäin työntävän voiman. Jos linssi on toiselta reunalta paksumpi, seuraa linssin kiertymistä, kunnes linssin molempiin reunoihin vaikuttavat voimat ovat tasapainossa. (Grant 1995, 16.) Myös painovoimalla on todettu olevan vaikutusta prismapainotteisen linssin vakauteen. Tutkittaessa linssin kiertymistä silmässä tutkittavan maatessa kyljellään, huomattiin, että prisman kanta kiertyi kohti vertikaalista suuntaa jopa 30 astetta. (Sulley 2009, hakupäivä 22.3.2011.) Prismapainotetun linssin ongelmana on sen paksumman kohdan aiheuttama hapenläpäisyn heikkeneminen sekä epämukavuus niille, joilla on herkäät luomet (Lindsay 1998, 20). Prismapainotettuja linssejä voidaan kuitenkin ohentaa melko radikaalistikin ilman, että se vaikuttaa linssin stabiiliuteen (Grant 1995, 17). Prismapainotetun linssin asento käyttäytyy eri tavoin jokaisessa silmässä erilaisen silmäluomien anatomian vuoksi. Luomiraon koko sekä ylä- ja alaluomen välisen kulman koko vaikuttavat suuresti piilolinssin kiertymisen stabiiliuteen. (Watanabe 2008, hakupäivä 22.3.2011.)



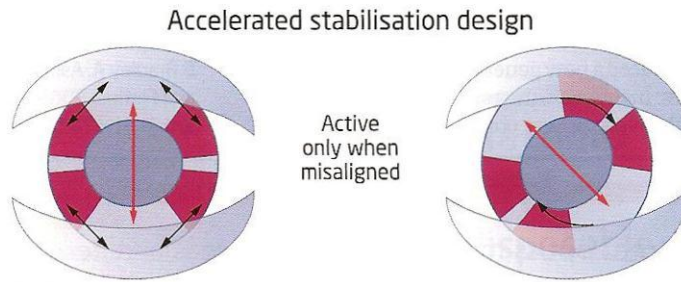
KUVIO 11. Prismapainotus (mukaillen Grant 1995, 16)

Paljon käytetty akseliasennon vakauttamiskeino on dynaaminen stabilointi (kuvio 12) (Lindsay 1998, 20). Dynaaminen stabilointi on kehitelty versio prismapainotuksesta. Tämä tekniikka vaatii luomien ja linssin yhteistoimintaa, jotta stabilointi toimisi (Sarkkinen & Helenius 1996, 7). Yksi tapa on leikata linssin ylä- sekä alaosaan ohuemat kohdat (kuvio 12 a), jolloin ylä- ja alaluomi molemmat estävät linssiä pyörähtämästä. (Cronly-Dillon 1991, 111.) Toinen tapa valmistaa dynaamisesti stabiloitu piilolinssi on asettaa linssiin kaksi kohollaan olevaa aluetta eli pattia kello kolmen ja yhdeksän kohdalle (kuvio 12 b) (Sarkkinen & Helenius 1996, 7). Silmän luontaisen räpytysliikkeen vuoksi silmäluomen aiheuttama paine linssin paksumpiin reuna-alueisiin ylläpitää linssin vakaata asentoa molemmissa linsseissä (Windeck, Schweizer & Moest 2007, 34). Tällä tekniikalla valmistetut linssit ovat usein prismapainotettuja linssejä epävakaampia, mutta toimivat hyvin suurilla miinuksilla sekä säännönvastaisessa astigmatismissa, jossa suuri osa linssin reunapaksuudesta saadaan leikattua pois. Prismapainotuksen ja dynaamisen stabiloinnin yhdistelmällä saadaan vakaampi ja mukavampi linssimuotoilu. (Watanabe 2008, hakupäivä 22.3.2011.)



KUVIO 12. Dynaaminen stabilointi a ja b (mukaillen Grant 1995, 16)

Johnson & Johnsonin lanseeraama Accelerated Stabilisation Design (ASD) -menetelmä on yksi pehmeän toorisen piilolinssin dynaamisen stabiloinnin keino (Acuvue Oasys for astigmatism – esite, 2008). ASD-menetelmässä linssin asento vakautetaan ja linssi saatetaan oikeaan asentoon silmäluomien aiheuttamaa, silmiä räpytettäessä syntyviä luonnollisia voimia hyväksikäyttäen (Acuvue Oasys for astigmatism – esite, 2008). ASD-menetelmän mukaisesti valmistetussa linsissä on neljä tasapainotusvyöhykettä avoimen luomiraon alueella. Menetelmä vähentää luomien ja linssin välistä vuorovaikutusta niin, että linssi pysyy paremmin paikallaan myös eri suuntiin katsottaessa. Tämä johtuu siitä, että ASD-linsissä ei ole paksuusvaihtelua avoimien silmäluomien alle menevässä osassa. (Ruston & Rocher 2009, 18.) Kunhan linssi on oikeassa asennossa, sen asennon kiertoa aiheuttava vuorovaikutus luomien kanssa on vähäistä (Sulley 2009, hakupäivä 22.3.2011). Jos linssi asetetaan silmään väärään asentoon, silmäluomet saavat aikaan linssiä pyörittävän voiman ja työntävät paksumpia kohtia pois luomien alta (kuvio 13). Näin linssi hakeutuu oikeaan asentoon. Linssin alaosa on hyvin ohut, mikä lisää linssin vakautta ja vähentää linssin ja silmäluomen kosketusta toisiinsa. (Watanabe 2008, hakupäivä 22.3.2011; Walker 2009, 21.)



KUVIO 13. ASD-menetelmä (Walker 2009, 21)

Astigmatismia korjataan piilolinssillä myös lisäämällä linssin paksuutta. Tämän tekniikan taustalla on ajatus siitä, että paksumpi linssi ei muotoudu täysin sarveiskalvon mukaan ja tällä tavoin korjaa sarveiskalvon astigmaattisuutta. Tutkimuksissa ei ole huomattu merkittäviä eroja näöntarkkuuksissa käytettäessä eri paksuisia linsskejä, mutta on huomattu, että joillain paksumpi linssi parantaa näöntarkkuutta. Tämä todistaa, että joillakin henkilöillä pelkällä linssipaksuuden kasvattamisella saattaa olla optisia hyötyjä. (Sarkkinen & Helenius 1996, 6.) Linssipaksuuden kasvattaminen kuitenkin heikentää linssin hapenläpäisykykyä (Diekhoff, luentomateriaalit).

Toorisia piilolinsskejä valmistetaan etu- ja takapintatoorisina sekä niiden yhdistelmänä, bitoorisena (Grant 1995, 19). Takapintatoorinen RGP-linssi (Rigid Gas Permeable) parantaa linssin istuvuutta sarveiskalvolla. Paras fyysinen istuvuus saadaan täysin toorisella takapinnalla. (Sarkkinen & Helenius 1996, 5.) Takapintatoorisessa linssissä etupinta on pallopinta eli etupinnan voimakkuus on sama joka suunnassa (Diekhoff, luentomateriaalit). Takapintatoorisuus on usein yhdistetty muihin stabilisointimenetelmiin (Ruben & Guillon 1994, 658–659). Takapintatoorisesta linssiä voidaan käyttää vähentämään linssin paksuutta ja se voi auttaa pitämään linssin oikealla paikallaan. Yksinään takapintatoorinen linssi ei kuitenkaan saavuta hyvää stabilisaatiota. (Lindsay 1998, 20.) Etupintatoorinen piilolinssi korjaa lentikulaarista astigmatismia (Douthwaite 1987, 95). Etupintatoorisen linssin takapinta on pallopinta (Diekhoff, luentomateriaalit). Vaikka molemmat linssityypit ovat yhden pinnan toorisia (single toric), niin tooriselle sarveiskalvolle taipuessaan ne ottavat aina bitoorisen linssin muodon ja luonteen (Aquavella & Rao 1987, 92).

Tutkimuksessamme eniten käytetyn piilolinssin, Air Optix for Astigmatism –linssin muotoilussa hyödynnetään prismapainotusta sekä takapintatoorisuutta. Linssin muotoilua kutsutaan nimellä Precision Balance 8 | 4, jossa linssin paksuimmat kohdat sijaitsevat nimensä mukaisesti kello neljän ja kahdeksan kohdilla. Linssi on ohennettu kello kuuden kohdalta, mikä vähentää linssin ja alaluomen välistä hankausta ja tekee linssin mukavammaksi käyttää. Lisäksi linssin ohentaminen

kello kuuden kohdalta lisää hapenottokykyä. Muotoilun ansiosta prisman määrä optisella alueella on vähäinen ja optinen alue suuri. (Schofield 2008, 39.)

4.2 Pehmeiden piilolinssien materiaalit

Pehmeitä piilolinssijä valmistetaan perinteisestä runsaasti vettä sitovasta polyHEMA-materiaaliyhdistelmästä sekä hyvän hapenläpäisykyvyn omaavasta silikonihydrogeelistä. Perinteiset pehmeät piilolinssit sitovat vettä hydroksiiliryhmän monomeeriin, joka kuljettaa silmän tarvitseman hapen. Silikonihydrogeelistä valmistetut linssit sen sijaan eivät tarvitse vettä hapen kuljetukseen, koska materiaali itsessään läpäisee happea niin hyvin. Silikonimonomeerien vuoksi silikonihydrogeelilinssit ovat kuitenkin perinteisiä hydrogeelilinssejä jäykempiä ja vettä tarvitaan pehmentämään materiaalia ja parantamaan käyttömukavuutta. (Jones & Woods 2008, 33; Salomaa 2009, 29.)

Hydrogeelilinssin vesipitoisuus kertoo sen vesimassan määrän, jonka linssi pitää sisällään määrättyissä olosuhteissa. Toisin sanoen vesipitoisuus on luku, joka saadaan jakamalla linssin sisällä olevan vesimassan määrä kosteutetun linssin massan määrällä. Saatua luku kerrotaan vielä sadalla, jolloin saadaan linssin vesipitoisuuden kertova prosenttiluku. Vesimassan määrä saadaan siis kosteutetun ja ei-kosteutetun linssin massojen määrien erosta. (Cronly-Dillon 1991, 431.)

Materiaalin hapenläpäisykyvystä kertoo Dk-arvo (Salomaa 2009, 29). 'D' kuvaa materiaalin diffuusiokykyä eli sitä, kuinka paljon kaasuja materiaali läpäisee joka sekunti osapaine-eron ollessa 1 mmHg ja 'k' on liukenemiskerroin eli se kuvaa, kuinka paljon kaasua sitoutuu yhteen kuutiosenttimetriin ainetta tietyssä lämpötilassa ja osapaineessa (Diekhoff, luentomateriaalit).

Hapenläpäisykyky on riippuvainen vallitsevasta lämpötilasta. Arvo ilmoitetaan yleensä sarveiskalvon pintalämpötilaa vastaavalle eli 35 asteen lämpötilalle. Dk-arvo on aina materiaalin ominaisuus ja vakio tietylle materiaalille. (Diekhoff, luentomateriaalit.)

Linssin paksuuden kasvamisen myötä valmiin linssin hapenläpäisykyky laskee. Tämän vuoksi valmiin piilolinssin hapenläpäisykykyä kuvaa Dk-arvoa paremmin Dk/t-arvo, joka huomioi myös linssin paksuuden. Piilolinssin hapenläpäisykyky on siis riippuvainen linssin paksuudesta. Dk/t-arvo on piilolinssin ominaisuus. (Diekhoff, luentomateriaalit.) Harvittanin ja Bonnannon mukaan

päiväkäytössä Dk/t-arvon tulisi olla yli 35 sarveiskalvon riittävän hapensaannin turvaamiseksi ja turpoamisen välttämiseksi. Kaikki silikonihydrogeelit ylittävät tämän arvon. Esimerkiksi CIBA Visionin Air Optixin maksimaalinen Dk/t-arvo on 101 ja Bausch & Lombin PureVisionin maksimaalinen Dk/t-arvo on 84. (Brennan & Morgan 2009, 39; Walker 2009, 17.)

Silikonihydrogeelilinssit ovat HEMA-muovista valmistettuja piilolinsssejä jäykempiä, minkä vuoksi on piilolinssien yhteydessä alettu puhua myös linssien elastisuusmoduluksesta (MPa) eli kimmoisuuskertoimesta. Tämä pehmeiden piilolinssien jäykkyydestä kertova arvo vaihtelee välillä 0,4–1,2. Mitä suurempi arvo, sen jäykempi linssi on. Linssin jäykkyys vaikuttaa käyttömukavuuteen. (Salomaa 2009, 29.) Jäykkään linssiin tottuminen vie kauemman aikaa, joten silikonihydrogeelilinssiä kokeilevan asiakkaan olisi hyvä käydä jälkikontrollissa vasta kahden viikon kuluttua ensisovutuksesta yleensä suositellun yhden viikon sijaan (Quinn 2009, hakupäivä 22.3.2011).

Silikonin lisääminen piilolinssiin tekee linssin pinnasta vettähylkivän. Tämän vuoksi linssin pinta tarvitsee oman pintakäsittelyn, jotta se ei hylkisi vettä vaan kyynelneste leviäisi linssin pinnalle tasaiseksi, yhtenäiseksi kerrokseksi. Jokaisella silikonihydrogeelilinssien valmistajalla on oma tapansa tehdä linssistä hydrofiilinen. CIBA Visionin Air Optix -linseissä ja Bausch & Lombin PureVision-linseissä on esimerkiksi omanlaisensa plasma-käsittelyt, jotka tekevät linssien pinnoista paremmin kostuvat. (Griffiths 2009, 17; Diekhoff, luentomateriaalit.)

Yksi tapa luokitella piilolinssimateriaalit on FDA:n eli yhdysvaltalaisen Food and Drug Administrationin luokittelu neljään ryhmään piilolinssien ionisuuden ja vesipitoisuuden mukaan. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat ei-ioniset alle 50 prosenttia vettä sisältävät piilolinssit, toiseen ei-ioniset vesipitoisuudeltaan yli 50 prosenttiset, kolmanteen ioniset alle 50 prosenttia vettä sisältävät ja neljänteen ryhmään kuuluvat yli 50 prosenttia vettä sisältävät ioniset piilolinssit (taulukko 3). (Diekhoff, luentomateriaalit.) Ionisuus ja vesipitoisuus vaikuttavat piilolinssin klinisiin ominaisuuksiin, esimerkiksi proteiinien ja mikrobien kiinnittymiseen linssin pinnalle, materiaalin kuivumiseen sekä parametrien stabiiliuteen (Säpyskä 1994, 10).

Taulukko 3. FDA:n luokittelu (Diekhoff, luentomateriaalit)

Vesipitoisuus	Ei-ioniset	Ioniset
Alle 50 %	1	3
Yli 50 %	2	4

Ionisuuden sekä suuren vesipitoisuuden vuoksi ryhmän neljä piilolinssimateriaaleihin kiinnittyy eniten proteiineja ja näistä erityisesti lysotsyymejä. Lysotsyymillä on kuitenkin antibakteerinen vaikutus, ja tämän uskotaan olevan syynä siihen, ettei *Pseudomonas aeruginosa* –bakteeri tartu yhtä hyvin käytettyyn kuin uuteen ryhmään neljä kuuluvaan piilolinssiin. Ioniset materiaalit ovat lisäksi herkkiä pH-muutoksille. Happamaan piilolinssinesteeseen laitettuna piilolinssistä poistuu nestettä ja samalla linssi kutistuu. Neutraloivaan nesteeseen laitettuna linssi kuitenkin palautuu entiseen muotoonsa. Ei-ioninen piilolinssi on sen sijaan herkkä lämpötilavaihteluihin. (Säpyskä 1994, 10.) Ionisuutensa vuoksi neljänteen ryhmään kuuluvia piilolinsssejä tulee vaihtaa useammin kuin toiseen ryhmään kuuluvia ei-ionisia. Tämä riippuu kuitenkin paljon piilolinssikäyttäjistä sekä kyynelfilmin koostumuksesta ja vakaudesta. (Young 1998, 22.)

Toinen paljon käytetty tapa piilolinssimateriaalien luokitteluun on ISO 11539. Siinä kuusiosainen koodi kuvailee piilolinssin materiaalia. Ensimmäisestä koodin osasta eli etuliitteestä tunnistaa piilolinssin pääkomponentin kemiallisen koostumuksen (esimerkiksi lotra-). Toisesta eli sanan kantaosuudesta selviää, onko kyseessä pehmeä hydrogeeli eli filcon vai kova RGP-piilolinssi eli focon. (Diekhoff, luentomateriaalit.)

Koodin kolmannesta osasta tunnistaa, mihin sarjaan piilolinssimateriaali kuuluu. Sarjatunnus on aina jokin kirjain, esimerkiksi A. Neljäs koodin osa muistuttaa FDA:n luokitusta. Neljännessä (ryhmäpääte, ryhmän tunnistus) hydrogeelilinsit eli ryhmä filcon jaetaan niiden ionisuuden sekä vesipitoisuuden mukaan (taulukko 4) ja ei-hydrogeeliset linsit (RGP-linsit) eli ryhmä focon jaetaan sen mukaan, kuinka ne sisältävät fluoria ja silikoniyhdisteitä. (Diekhoff, luentomateriaalit.)

Taulukko 4. ISO 11539 - luokitus, ryhmäpäätteet (Diekhoff, luentomateriaalit)

Ryhmä filcon	Vesipitoisuus	Ionisuus
1	Matala 10–50 %	Ei-ioninen
2		Ioninen
3	Keskimääräinen 50–65 %	Ei-ioninen
4		Ioninen
5	Korkea yli 65 %	Ei-ioninen
6		Ioninen

Viides koodin osa kertoo materiaalin Dk-arvon alueen. Tässä materiaalit on jaettu ryhmiin nollasta ylöspäin niiden Dk-arvon mukaan siten, että ryhmän nolla Dk-arvo on alle yksi, ryhmän yksi 1-15, ryhmän kaksi 16-30 jne. Ryhmän viisi Dk-arvosta alkaen jokaisen ryhmän Dk-arvon alue on 50 (esimerkiksi ryhmän viisi Dk-arvo on 101-150, ryhmän kuusi 151-200 jne.). Kuudes eli viimeinen ISO 11539 -luokituksen koodi kertoo piilolinssimateriaalin muuntelusta. Jos piilolinssin pinta on ominaisuuksiltaan eri kuin piilolinssi itsessään, saa materiaali tunnuksen m (modification). (Diekhoff, luentomateriaalit.)

4.3 Pehmeiden tooristen piilolinssien sovittaminen

Pehmeä toorinen piilolinssi sovitetaan fyysisesti samalla tapaa, kuten sfäärinen pehmeä piilolinssi. Linssin tulee peittää sarveiskalvo myös eri suuntiin katsottaessa ja kyynelnestekierron tulee olla riittävä. Myös linssin peruskaarevuus (BC), piilolinssin keskiosan paksuus sekä linssin halkaisija valitaan samalla tapaa kuten sfäärisen piilolinssin. Linssin sfäärinen voimakkuus, sylinterin voimakkuus ja akselin suunta valitaan mahdollisimman lähelle refraktion mukaisia arvoja. Linssit käyttäytyvät eri silmissä eri tavoin istuvuudeltaan ja pyörimistaipumukseltaan vaihtelevien sylinterien määrien sekä akseliasentojen vuoksi. (Sarkkinen & Helenius 1996, 8.)

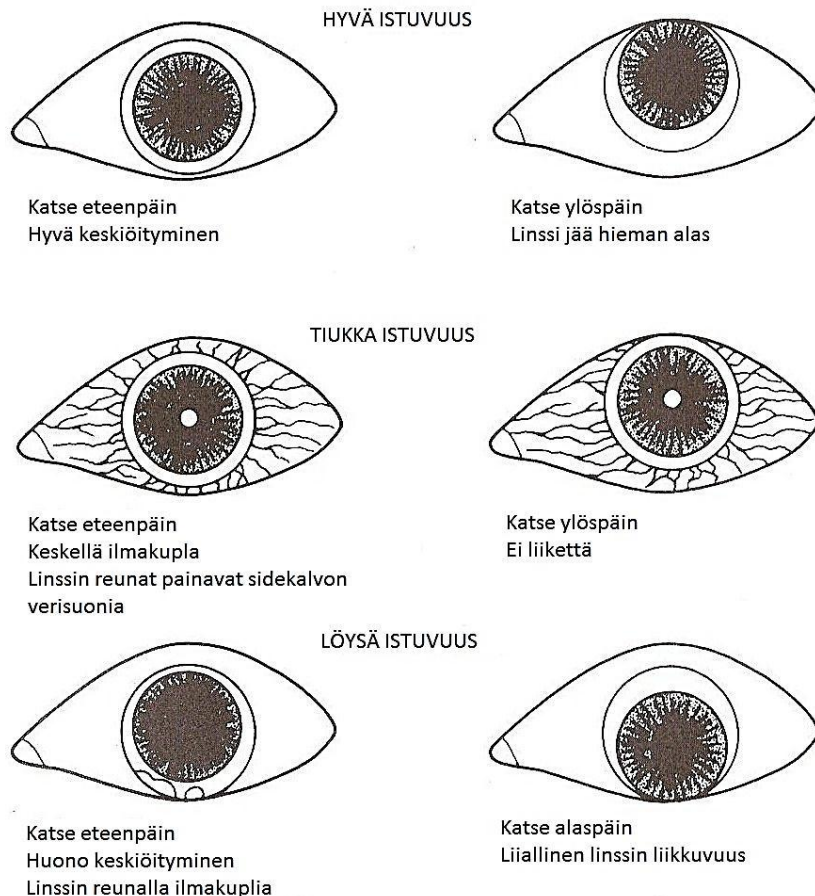
Ennen piilolinssin silmään asettamista silmät tarkastetaan mikroskoopilla mahdollisten piilolinssien käytön esteiden poissulkemiseksi ja sarveiskalvojen kaarevuussäteet mitataan keratometrillä. Kaarevuussäteiden perusteella valitaan kaarevuudeltaan sopivin piilolinssi. Ajantasaisen refraktiion perusteella valitaan sovitussinssin voimakkuus sekä akselinsuunta, joka vastaa tehtyä refraktiota pintaväli huomioituna. Toorinen piilolinssi asetetaan silmään ja sen annetaan asettua muutama minuutti ennen kuin näöntarkkuus tarkastetaan. (Tooristen linssien sovitushje –esite, 2010.) Ensimmäinen vihje linssin istuvuudesta on asiakkaan reaktio. Hyvin istuva linssi tuntuu mukavalta. Myös liian tiukasti istuva linssi voi tuntua mukavalta, mutta löysästi istuva linssi aiheuttaa aina ainakin hieman epämukavuuden tunnetta. (Young 1998, 20.)

Linssin asetuttua silmään, sen tulisi keskiöityä riittävän hyvin peittäen kuitenkin koko sarveiskalvon. Lisäksi linssin tulisi sijaita tasaisesti silmän pinnalla eikä linssin reunat saa nousta tai limbuk-selle muodostua painetta. Liiallinen linssin liike silmää liikuteltaessa ja linssin reunojen nousu kertovat liian löysästi asettuvasta linssistä. (Watanabe 2008, hakupäivä 22.3.2011.) Tiukkakaan

linssi ei välttämättä keskiöidy täydellisesti vaan tiukan linssin keskiöityminen voi vaihdella täydellisestä juuri huomattavaan väärin keskiöitymiseen (Young 1998, 20).

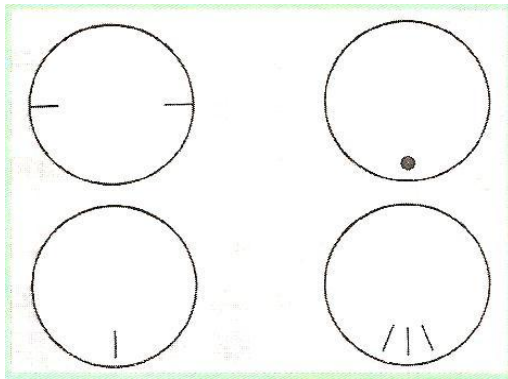
Linssin istuvuutta voidaan arvioida niin kutsutulla push-up testillä. Siinä linssiä liikutetaan ylöspäin painamalla alaluomen reuna vasten linssin reunaa. Testin avulla arvioidaan voimaa, joka tarvitaan liikuttamaan linssiä ylöspäin pois paikoiltaan sekä nopeutta, jolla linssi palautuu takaisin. (Young 1998, 22.)

Linssin liiallinen liikkuvuus saattaa aiheuttaa epämukavuuden tunnetta sekä näöntarkkuuden alenemista, joka johtuu linssin epästabiilista asennosta (Lindsay 1998, 18). Liiallisen liikkuvuuden lisäksi näöntarkkuuden ja linssin pyörähtelyn vaihtelu sekä nopea liike push-up testissä kertovat liian loivasta linssistä (Tooristen linssien sovitushje –esite, 2010). Sen sijaan linssin vähäinen liikehdintä räpyttelyn yhteydessä, mutta samanaikainen hyvä keskiöityminen kertovat liian tiukasta linssistä (kuvio 14) (Watanabe 2008, hakupäivä 22.3.2011). Liian tiukasti asettuvasta linssistä kertoo lisäksi jähmeä liike push-up testissä sekä huono, räpytyksen aikana vaihteleva näöntarkkuus. Liian tiukka linssi saattaa aiheuttaa limbaalisten verisuonten painumista ja tyhjentymistä, joka voi johtaa muihin komplikaatioihin. (Tooristen linssien sovitushje –esite, 2010.)



KUVIO 14. Linssin istuvuus ja keskiöityminen (mukaillen Aquavella & Rao 1987, 81)

Linssin kiertymistä silmässä arvioidaan tutkittavan katsoessa suoraan eteenpäin pää normaalissa asennossa. Kiertymisen arvioinnin apuna käytetään toorisissa linseissä olevia kaiverrusmerkin-
töjä, jotka nähdään mikroskoopilla (kuvio 15). Kaiverrusmerkintöjen perusteella arvioidaan tai
mitataan kiertymisen määrä viiden asteen tarkkuudella. (Watanabe 2008, hakupäivä 22.3.2011.)
Kaiverrusmerkinnän sen hetkistä sijaintia verrataan odotettuun sijaintiin ja tämä kertoo akse-
liasennon virheen määrän. Kiertymisen suunta (vastapäivä - myötäpäivä) huomioidaan piilolins-
simääräyksessä siten, että kiertyminen asteina joko vähennetään tai lisätään määräyksen akse-
linsuuntaan. (Lindsay 1998, 19–20.) Asiakasta pyydetään katsomaan sivulle, räpyttämään silmiä
ja katsomaan takaisin eteenpäin. Tämä toistetaan eri katsesuuntiin ja kaiverrusmerkintöjen liikettä
seurataan koko ajan. Tavoitteena on, että kaiverrusmerkinnät liikkuisivat mahdollisimman vähän.
(Quinn 2009, hakupäivä 22.3.2011.)



KUVIO 15. Erilaisia kaiverrusmerkintöjä (Sarkkinen & Helenius 1996, 9)

Mahdollisen kiertyneen akseliasennon korjaamiseen käytetään apuna CAAS-sääntöä (Clockwise Add Anticlockwise Subtract). Jos kaiverrusmerkki kääntyy myötäpäivään, lisätään linssin astelukua. Jos taas kaiverrusmerkki kääntyy vastapäivään, linssin astelukua vähennetään. (Sarkkinen & Helenius 1996, 10.) Toinen paljon käytetty sääntö linssin akseliasennon kiertymisen korjaamiseksi on LARS-sääntö (Left Add Right Subtract). Jos kaiverrusmerkki kääntyy vasempaan, lisätään linssin astelukua. Vastaavasti linssin kiertyessä oikealle, vähennetään linssin astelukua. (Tooristen linssien sovitushoje –esite, 2010.) Esimerkki: piilolinssin voimakkuus -3.00 -1.75 180. Linssi kääntyy asettumisen jälkeen 20 astetta vastapäivään, jolloin voimakkuus on -3.00 -1.75 20. Valitaan uusi linssi, jonka asteluku on 20 astetta vähemmän kuin haluttu asteluku eli uusi voimakkuus -3.00 -1.75 160. Linssi kääntyy 20 astetta vastapäivään ja lopputulos on -3.00 -1.75 180.

Linssin palautuminen toivottuun asentoon voidaan testata kiertämällä linssiä sormella 45 astetta johonkin suuntaan ja mittaamalla aika, joka linssin paikalleen palautumiseen kuluu. Palautumiseen ei saisi kulua aikaa enempää kuin 15 sekuntia, koska silloin voi olla mahdollista, ettei linssin akseliasento palaudu ennalleen, kun silmiä liikutellaan ääriasentoihin. (Watanabe 2008, hakupäivä 22.3.2011.) Jos linssin paikalleen palautuminen on hidasta, on linssin tyyppiä ja linssimerkkiä aiheellista vaihtaa. Nopea palautuminen ennustaa jatkuvaa hyvää näöntarkkuutta. (Quinn 2009, hakupäivä 22.3.2011.)

Lopuksi tehdään päällerefraktio, jonka avulla pyritään mahdollisimman hyvään sfääriseen ja sylinterivoimakkuuteen sekä näöntarkkuuteen (Tooristen linssien sovitushoje –esite, 2010). Päällerefraktion tarkoitus ei ole kumminkaan etsiä linssin vahvuutta vaan tarkastella lopullisen tuloksen vakautta. Jos asiakas kertoo näöntarkkuuden huonontuvan joka räpäytyksen jälkeen, on linssin istuvuus huono tai linssi kiertyy silmässä. (Sarkkinen & Helenius 1996, 8-10.) Mikäli näöntarkkuus vaihtelee ja on epävaka, sylinterivoimakkuuden vähentäminen voi olla paikallaan. Tällöin

näöntarkkuus saattaa huonontua, mutta näkö on vakaa. (Tooristen linssien sovitushje –esite, 2010.)

4.4 Piilolinssit ja näkeminen

Näköä korjaavan linssin voimakkuus riippuu linssin ja silmän välisestä etäisyydestä eli pintavälistä (vd eli vertex distance). Silmälasit ovat yleensä noin 10–15 millin etäisyydellä sarveiskalvon pinnalta, joten saman henkilön näköä korjaavien piilolinssien ja silmälasien voimakkuus ei ole välttämättä sama. (Ruben & Guillon 1994, 123–124.) Piilolinssien laskennallinen voimakkuus saadaan silmälasien voimakkuutta ja pintaväliä hyväksikäyttäen kaavalla 2. Laskuesimerkki pintavälin vaikutuksesta piilolinssien voimakkuuteen kaavalla 2 laskettuna on esitetty liitteessä 3.

KAAVA 2. Pintavälin vaikutus piilolinssien voimakkuuteen.

$$PL = \frac{SL}{1 - pv \times SL}$$

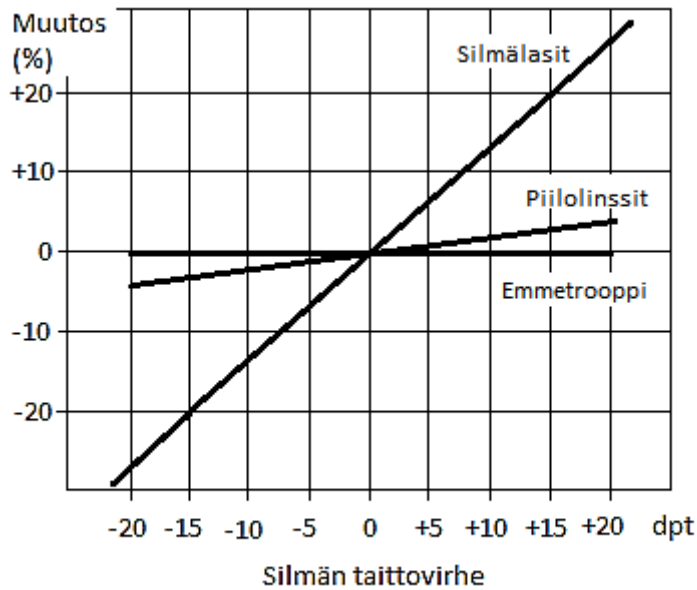
Missä

PL = Piilolinssien voimakkuus

SL = Silmälasien voimakkuus

pv = Silmälasien pintaväli

Piilolinssien käyttäjän näköolosuhteet ovat lähes samankaltaiset kuin emmetrooppisen henkilön. Tämä johtuu pienestä pintavälistä (0 mm) sekä siitä, että piilolinssi seuraa silmää mahdollistaen yhtä suuren näkökentän kuin emmetroopilla. Pintavälin pienuudesta johtuen myös verkkokalvon kuvakoko on piilolinssien käyttäjillä silmälasien käyttäjiä suurempi. Verkkokalvon kuvakoko on riippuvainen tarvittavan korjauksen määrästä. Esimerkiksi -7.50 dioptrian voimakkuudella verkkokalvon kuvakoko on sankalaseilla noin kymmenen prosenttia emmetroopin kuvakokoa pienempi, kun taas piilolinssien käyttäjällä vastaava kuvakokoero on vain noin yhden prosentin emmetroopin kuvakokoa pienempi (kuvio 16). Astigmaattisessa silmässä eri pääleikkausvoimakkuudet aiheuttavat eri suurennukset eli kohde kuvataan verkkokalvolle tarkasti mutta mittasuhteet ovat eri pääleikkaussuunnissa erilaiset. (Diekhoff, luentomateriaalit.)



KUVIO 16. Verkkokalvon kuvakoko eri pintaväleillä (mukaillen Diekhoff, luentomateriaalit)

Näöntarkkuus eli visus ilmoitetaan visusarvolla, joka on näkökyvyn mitta. Se kuvaa angulaarista eli kulmaerotuskykyä. Visusarvo määritetään sovitun standardin mukaisesti. Yleisesti hyväksytyn DIN 5822 –visusmäärittelyn mukaan visusarvo 1.0 on kyseessä silloin, kun kaksi pistettä erottuu toisistaan yhden kulmaminuutin kulmassa. Tämä on sovittu normaaliksi näöntarkkuudeksi. Tällöin kuuden metrin etäisyydellä erillisinä erottuvien pisteiden välimatka on 1,74 millimetriä. Yksi kulmaminuutti on 1/60 astetta. (Korja 2008, 10; Saari, Mäntylä, Summanen & Nummelin 2011, 55.)

Tieteellisessä tutkimustyössä käytetään näöntarkkuusasteikkona logMAR-asteikkoa (the logarithm of the minimum angle of resolution) eli logaritmilukua pienimmästä kulmaerotuskyvystä. LogMAR mittaa näöntarkkuuden puutoksen. Positiiviset logMAR-arvot ilmaisevat normaalia heikompa näöntarkkuutta ja negatiiviset logMAR-arvot normaalia tai parempaa näöntarkkuutta. LogMAR-asteikon etuna on näkötaulun optotyyppirivien yhdenmukaisempi ja tarkempi asteikkoero, minkä takia sitä voidaan käyttää esimerkiksi tutkimustyön tilastollisissa testauksissa. (Saari ym. 2011, 57–58.) Jos tutkittava näkee visusriviltä 1.0 neljä merkkiä viidestä, on hänen näöntarkkuustuloksensa 1.0^{-1} . Logaritmista asteikkoa käytetään apuna muutettaessa tällaiset mitatut näöntarkkuustulokset desimaalimuotoon. Desimaalimuodossa ilmoitetuista näöntarkkuusarvoista voidaan laskea keskiarvoja. Liitteessä 4 on esitetty logaritmisesta testitaulusta näöntarkkuustulokset desimaalimuotoisina. Esimerkiksi näöntarkkuustulos 1.0^{-1} on desimaalilukuna 0.955.

Kontrasti tarkoittaa kahden pinnan välistä tummuuseroa. Kontrastiherkkyydellä tarkoitetaan kykyä erottaa eri kontrasteja. Kontrastiherkkyys on yksilöllinen ominaisuus, joka vaikuttaa ympäristöstä muodostettavaan kuvaan. Kontrasti on laskenut alle kontrastikynnyksen, jos näkökentässä olevia kohteita ei pystytä erottamaan ja aistitaan vain tasaisen harmaa pinta. Normaalissa näöntarkastustilanteessa kontrastiosuhteet on pyritty maksimoimaan, eli tutkittava katsoo mahdollisimman mustia optotyyppiejä mahdollisimman vaalealla taustalla. Näköjärjestelmän toimintaa kuvaa optotyyppin koon lisäksi myös kontrasti. Näöntarkkuuksia tulisikin siis mitata myös matalammilla kontrasteilla, jolloin saadaan vertailukelpoisia tutkimustuloksia. (Korja 2008, 28.)

5 TUTKIMUSONGELMAT

Tällä hetkellä alle 0.75 dioptrian sylinterivoimakkuudella olevia toorisia piilolinssejä ei juurikaan valmisteta, vaan tätä lievemmän hajataitteen korjaamisessa käytetään yleensä aina sfääristä piilolinssiä. Korjaamaton hajataiteisuus aiheuttaa astenooppisia oireita, koska akkommodaatio ei pysty siirtämään astigmaattisen silmän polttoviivoja samanaikaisesti verkkokalvolle ja on tämän vuoksi epävaka. Näin käy etenkin silloin, kun astigmaattinen virhe on pieni. Pieni astigmaattinen virhe voi aiheuttaa enemmän astenooppisia oireita, koska virheen ollessa suurempi näkö on liian huono saadakseen aikaan akkommodaation pumppaavan säätelyn kahden polttoviivan välillä. (Bennett & Rabbetts 1998, 93.)

Refraktion sfäärisen voimakkuuden määrä vaikuttaa hajataiton korjauksen tarpeeseen. Pieni sylinterivirhe yhdistettynä pieneen sfääriseen voimakkuuteen heikentää näöntarkkuutta enemmän kuin suureen sfääriseen voimakkuuteen yhdistettynä. Pienemmässä voimakkuusyhdistelmässä toorisen pehmeän piilolinssin kokeileminen vaihtoehtona on oletettavasti hyödyllinen, suuremmassa voimakkuusyhdistelmässä verkkokalvokuvan kasvu korvaa osan cyl-jäännösvirheen aiheuttamasta epätarkkuudesta. (Luentomateriaalit 2011.)

Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida toorisen piilolinssin tarpeellisuutta lievän hajataiton (sylinterikorjaus silmälaseissa välillä 0,50–1,00 dpt) korjauksessa. Tutkimme tätä sekä objektiivisesti numeerisia arvoja mitaten että subjektiivisesti asiakkaan kokemuksia kysyen. Tutkimuksella haluttiin myös selvittää, millä sfäärisen ja sylinterivoimakkuuden yhdistelmillä toorinen piilolinssi on sfääristä korjausta parempi.

Tutkimuksessa selvitetään seuraavia asioita:

1. Millainen on lievästi hajataitteen piilolinssikäyttäjän mitattu näöntarkkuus toorisilla piilolinseillä sfäärisiin piilolinseihin verrattuna?
2. Millä sfäärisen ja sylinterivoimakkuuden yhdistelmillä toorinen piilolinssi on sfääristä parempi?

3. Millainen on lievästi hajataiteisen piilolinssikäyttäjän subjektiivinen näkövaikutelma toorisilla piilolinseillä sfäärisiin piilolinseihin verrattuna?

6 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Tutkimusote oli kvantitatiivinen eli määrällinen. Tutkimusote valittiin, koska näin ollen pystyimme ottamaan suuremman tutkimusjoukon tarkasteltavaksemme. Myös tutkimusongelmamme edellyttivät määrällistä tutkimusotetta, sillä tavoitteenamme oli saada mahdollisimman yleistettävää tietoa. Tämän vuoksi pyrimme saamaan kokoon 20 koehenkilöä. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa keskeistä on määritellä tarkka perusjoukko, johon tutkimustulosten tulee päteä. Perusjoukosta otetaan otos, jota tutkitaan. Otosaineiston avulla on tarkoitus tehdä päätelmiä koko perusjoukosta. Tämä tapahtuu tekemällä yleistyksiä otoksesta. Tutkimusstrategiamme oli kokeellinen tutkimus. Kokeellisessa tutkimuksessa mitataan yhden käsiteltävän muuttujan vaikutusta toiseen muuttujaan. Tutkimuksessa mittasimme toorisen piilolinssin vaikutusta näöntarkkuuteen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 125, 131, 169, 184.)

6.1 Tutkimusjoukon valinta

Perusjoukkoon kuuluivat kaikki sfääristen ja tooristen kuukausipiilolinssien käyttäjät, joiden refraktion hajataitteisuuden määrä oli 0,50–1,00 dpt. Perusjoukon suuruuden vuoksi tutkimuksessa käytettiin otantaa. Otantamuotona käytettiin harkinnanvaraista otantaa, sillä koehenkilöiksi oli valittava sellaiset tapaukset, jotka edustivat hyvin tutkimuksen tarpeita. Tutkimukseen osallistui 13 pehmeiden sfääristen ja tooristen piilolinssien käyttäjää, joiden refraktion hajataitteisuuden määrä oli pieni. Koehenkilöt olivat yhteistyöoptikkoliike Optikko A. Sipolan aktiivisia piilolinsiasiakkaita sekä osa tuttujen kautta löydettyjä piilolinssien käyttäjiä, jotka käyttivät sfäärisiä tai toorisia piilolinsssejä ja joiden refraktion hajataitteisuuden määrä oli vähintään toisessa silmässä välillä 0,50–1,00 dpt. Lisäksi koehenkilöistä kahdella kolmesta tuli olla refraktion sfäärinen voimakkuus alle $\pm 4,00$ dpt, koska tutkimuksen kannalta mielenkiintoisempia tapauksia olivat pienehköt voimakkuudet.

Yhteistyöoptikkoliikkeen piilolinssiasiakkaista valittuihin koehenkilöihin otettiin yhteyttä saatekirjeellä (liite 5) ja tuttujen kautta saatuihin koehenkilöihin puhelimitse. Tutkimukseen osallistuneet saivat käyttöönsä valintansa mukaan koelinssiparin kuukaudeksi tai vaihtoehtoisesti kertakäyttöisiä linssejä kahdeksi viikoksi. Kiitokseksi osallistumisesta koehenkilöt saivat vielä haluamansa piilolinssit, joko yhden parin kuukausilinssejä tai kahden viikon kertakäyttölinssit.

6.2 Aineiston keruumenetelmät

Tutkimusaineisto kerättiin standardoidussa muodossa kyselylomakkeen avulla. Kyselylomake oli siis kaikille koehenkilöille samanlainen. Lomakkeen kysymykset ja väittämät olivat strukturoituja eli vastausvaihtoehdot olivat valmiiksi annettuja. Tällä pyrittiin varmistamaan tietojen saatavuus ja tulosten vertailtavuus. (Hirsjärvi ym. 2004, 182.) Kyselylomake oli kaksiosainen sisältäen tutkijan täyttämän osuuden sekä koehenkilön täyttämän osuuden (liite 6). Koehenkilön osuus jaettiin kahdelle kyselylomakkeelle, jotka koehenkilö täytti eri ajankohtina: toisen ennen piilolinssisovitusta ja toisen ennen jälkikontrolliin saapumista. Koehenkilö täytti kyselylomakkeet itsenäisesti omalla ajallaan.

Kyselylomakkeen ensimmäinen eli tutkijan täyttämä osa sisälsi tiedot koehenkilön refraktiosta sekä koehenkilön käyttämistä ja hänelle sovitetuista piilolinssistä. Kyselylomake sisälsi myös koehenkilön näöntarkkuusarvot viimeisimmällä silmälasirefraktiolla sekä eri kontrasteilla mitattuna sfäärillä ja toorisilla piilolinssillä. Kaikki mitatut näöntarkkuusarvot on esitetty liitteessä 7. Lisäksi kyselylomakkeessa kysyttiin koehenkilön taustatiedot eli sukupuoli ja syntymävuosi sekä sfääristen ja tooristen piilolinssien hintaero.

Kyselylomakkeen toisessa eli koehenkilön täyttämässä osassa kysyttiin käyttäjän tuntemuksia. Se sisälsi kysymyksiä piilolinssien käyttötottumuksista ja –mukavuudesta sekä koehenkilön subjektiivisesta näkövaikutelmasta ja näkö tarkkuudesta. Kysymykset käyttömukavuudesta, näkövaikutelmasta ja näkö tarkkuudesta esitettiin sekä sfäärisestä että toorisesta piilolinssistä. Lisäksi koehenkilöltä kysyttiin mielipidettä piilolinssien hinnoista.

Teimme kyselylomakkeen esitestauksen yhdelle perusjoukkoon kuuluvalla piilolinssikäyttäjälle. Esitestattavalle tehtiin samanlainen piilolinssisovitus kuin varsinaisille koehenkilöille, jotta hänen olisi mahdollista vastata kyselylomakkeessa esitettyihin kysymyksiin. Esitestauksen avulla saimme tarkistettua kyselylomakkeen kysymysten yksiselitteisyyttä (Hirsjärvi ym. 2004,193). Kyselylomakkeen esitestaus sujui ongelmitta eikä lomakkeeseen tarvinnut tehdä muutoksia.

6.3 Aineiston keruun toteutus ja aineiston analysointi

Koehenkilöiden valinnan jälkeen heille lähetettiin saatekirjeet (liite 5), joissa kerroimme tutkimuksestamme ja pyysimme yhteydenottoa, mikäli he olivat halukkaita osallistumaan tutkimukseen. Koehenkilön kanssa sovittiin tooristen tai sfääristen piilolinssien sovitus aika riippuen koehenkilön käyttämistä piilolinssistä. Koehenkilö saapui piilolinssisovitukseen hänellä käytössä olevat piilolinssit silmissä. Näöntarkkuus koehenkilön käyttämällä piilolinssillä tarkistettiin korkeakontrastisella (100 %) ja matalakontrastisella (10 %) Lea Hyvärisen kontrastitestitaululla (Lea Numbers) kummallakin silmällä erikseen sekä molemmilla silmillä katsoen. Matalakontrastinen näöntarkkuusmittaus otettiin mukaan tutkimukseen, jotta mahdolliset näöntarkkuuserot sfääristen ja tooristen piilolinssien välillä tulisivat paremmin esille.

Näöntarkkuusmittausten jälkeen koehenkilö otti piilolinssit pois silmistä. Seuraavaksi laitoimme koehehkyksiin koehenkilön viimeisimmän refraktion mukaiset voimakkuudet ja näöntarkkuus tarkistettiin sekä oikealla että vasemmalla silmällä ja molemmilla silmillä yhtä aikaa. Sylinterin määrä tarkistettiin ± 0.12 -sylinderilinsseillä molemmilla silmillä erikseen. Tällä tavoin saimme tarkemman sylinteriarvon. Esimerkiksi jos koehenkilön viimeisimmän refraktion mukainen sylinterivoimakkuus oli -0.75 dpt ja -0.12 dioptrian sylinterilinssi paransi näöntarkkuutta, oli tarkempi sylinterivoimakkuus tällöin -0.87 dpt. Jokaisen koehenkilön refraktiotiedot sekä tarkemmat sylinteriarvot on esitetty liitteessä 8.

Seuraavaksi optikko sovitti koehenkilölle tooriset tai sfääriset piilolinssit ja piilolinssin istuvuus tarkistettiin mikroskoopilla. Optikko katsoi mikroskoopilla piilolinssin keskiöitymisen, liikkumisen sekä reunan istuvuuden. Optikko teki myös sfäärisen päällerefraktion. Lisäksi optikko arvioi laatimamme toorisen piilolinssin sovitusohjeen (liite 9) perusteella piilolinssisovituksen onnistuneisuuden sekä piilolinssin istuvuuden asteikolla 4–10. Uusilla piilolinssillä testattiin jälleen korkeakontrastinen ja matalakontrastinen näöntarkkuus sekä mon- että binokulaarisesti. Lopuksi sovittiin jälkikontrolliaika noin viikon päähän piilolinssisovituksesta ja koehenkilön mukaan annettiin kyselylomakkeen toinen osio.

Koehenkilöt saapuivat sovittuun jälkikontrolliin uudet aikaisemmin sovitettut piilolinssit silmissä. Koehenkilöt palauttivat samalla optikkoliikkeeseen kyselylomakkeen toisen osan täytettynä. Korkea- ja matalakontrastinen näöntarkkuus tarkistettiin uusilla piilolinssillä ja optikko katsoi mikro-

skoopilla silmien kunnon sekä piilolinssien istuvuuden. Kiitokseksi osallistumisesta tutkimukseen koehenkilöille tilattiin heidän haluamansa piilolinssit.

Tutkimusaineisto käsiteltiin nimettömänä, ja se analysoitiin IBM SPSS Statistics Version 19.0 –ohjelmistoa apuna käyttäen. Kyselylomakkeet numeroitiin koehenkilöittäin yhdestä kolmeentoista ennen tietojen syöttöä SPSS-ohjelmistoon, jotta mahdolliset aineiston syötössä tapahtuneet virheet voitaisiin korjata ja tarkistaa. Kyselylomakkeiden tiedot syötettiin matriisiksi ja niistä laskettiin frekvenssijakaumia ja keskiarvoja. Tutkimustuloksia esitellään sanallisesti sekä taulukoiden avulla. Tuloksia esitellään pääasiassa prosentteina ja tarkkoina keskiarvoina. Yhden koehenkilön kohdalla tutkimustulokset poikkesivat muusta tutkimusjoukosta merkittävästi, minkä vuoksi käytämme tutkimustuloksia esiteltäessä muutamassa kohdassa myös mediaania. Näin esitettynä tutkimustulokset kuvaavat paremmin todellisuutta.

Tutkimusaineiston analysoinnissa käytimme myös ristiintaulukointia, jonka avulla pyrimme löytämään yhteyksiä muun muassa koehenkilöiden subjektiivisen näkövaikutelman ja mitattujen näöntarkkuuksien välillä. Joidenkin tutkimustulosten esittelyssä oli tutkimustulosten kannalta mielekkäämpää käyttää yksittäisten koehenkilöiden tuloksia, kun taas osa esittämistämme tuloksista koskee koko tutkimusjoukkoa.

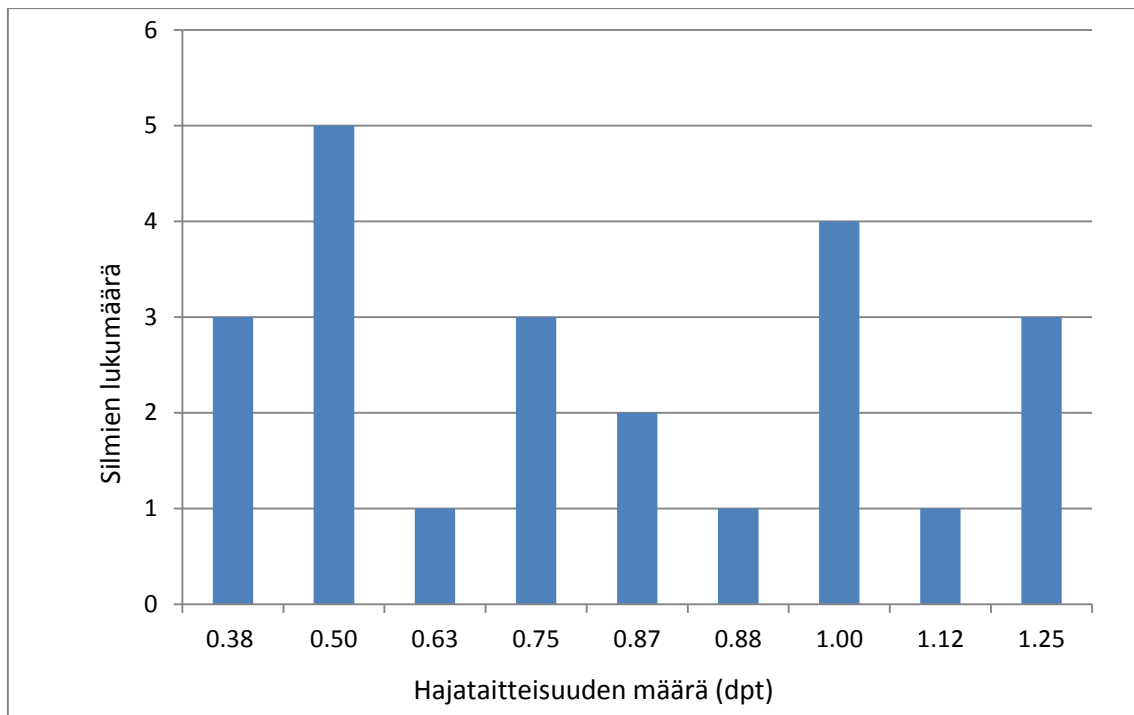
7 TUTKIMUSTULOKSET

7.1 Taustatietoja koehenkilöistä

Tutkimukseen osallistui 13 pehmeiden piilolinssien käyttäjää. Osallistuneista kaksi oli miehiä ja yksitoista naisia. Kolmella tutkimukseen osallistuneista oli jo ennestään tooriset piilolinssit käytössä, kun taas kymmenen käytti sfäärisiä piilolinssejä. Koehenkilöistä kolme oli alle 25-vuotiaita, 25–30 –vuotiaita oli viisi ja yli 30-vuotiaita oli myös viisi. Nuorin tutkimukseen osallistuneista oli 18-vuotias ja vanhin oli 44-vuotias.

Kolmella tutkimukseen osallistuneista oli hajataitteisuutta vain toisessa silmässä tai toisen silmän hajataitteisuus oli 0.25 dioptrian, minkä vuoksi toorista piilolinssiä sovitettiin näille koehenkilöille vain toiseen silmään. Näin ollen näiltä kolmelta koehenkilöltä tarkastelimme vain toista silmää. Kaiken kaikkiaan tutkimuksessa oli 23 silmää, joissa oli hajataitteisuutta enemmän kuin 0.25 dioptrian.

Tutkimuksessa tarkasteltavista silmistä kolmessa oli hajataitteisuutta 0.38 dioptrian ja viidessä oli 0.50 dioptrian (kuviot 17). Yhdessä silmässä hajataitteisuuden määrä oli 0.63 dioptrian ja kolmessa 0.75 dpt. Kahden silmän hajataitteisuuden määrä oli 0.87 ja yhden 0.88 dioptrian. Neljässä silmässä hajataitteisuutta oli 1.00 dioptrian, yhdessä 1.12 ja kolmessa silmässä hajataitteisuuden määrä oli 1.25 dioptrian.



KUVIO 17. Hajataitteisuuden määrän jakautuminen

Yli puolet (54 %) tutkimukseen osallistuneista oli käyttänyt piilolinssejä yli kymmenen vuotta (taulukko 5). Osallistujista yksi oli käyttänyt piilolinssejä ennen tutkimusta vasta kolme kuukautta. Kaikki muut koehenkilöistä olivat käyttäneet piilolinssejä yli neljä vuotta.

TAULUKKO 5. Taustatietoja tutkimukseen osallistuneista

Muuttuja	Arvo	kpl	%
Piilolinssien käyttö vuosina	0–4 vuotta	2	15
	5–9 vuotta	4	31
	10–20 vuotta	7	54
	yhteensä	13	100
Piilolinssien käyttötiheys	Harvemmin kuin kerran viikos- sa	4	31
	1–2 päivänä viikossa	3	23
	3–4 päivänä viikossa	4	31
	Yli 4 päivänä viikossa	2	15
	yhteensä	13	100
Piilolinssien käyttöaika	1–5 tuntia	1	8
	6–10 tuntia	9	69
	11–15 tuntia	3	23
	yhteensä	13	100
Piilolinssien käyttötilanteet	Vapaa-ajalla	13	100
	Töissä/koulussa	6	46
	Urheillessa	10	77
	Näyttöpäätteellä	2	15
	Lukiessa/muussa lähityössä	1	8

Seitsemän osallistuneista käytti piilolinssijä 1–2 päivänä viikossa tai harvemmin, kun taas kuusi osallistuneista käytti piilolinssijä vähintään kolmena päivänä viikossa. Suurin osa (69 %) koehenkilöistä käytti piilolinssijä 6–10 tuntia kerrallaan. Kolme käytti piilolinssijä vähintään 11 tuntia kerrallaan ja vain yksi kertoi käyttävänsä piilolinssijä alle viisi tuntia kerrallaan.

Tutkimukseen osallistuneilta kysyttiin myös, missä tilanteissa he käyttävät piilolinssijä. Koehenkilöille annettiin viisi vastausvaihtoehtoa, joista he saivat valita omaa piilolinssikäyttöään vastaavat käyttötilanteet. Kaikki osallistuneet käyttivät piilolinssijä vapaa-ajalla, kymmenen kertoi käyttävänsä piilolinssijä urheillessa ja kuusi käytti piilolinssijä töissä tai koulussa. Kolme osallistujaa käytti piilolinssijä lähityössä tai näyttöpäätetyössä.

7.2 Lievästi hajataitteisen piilolinssikäyttäjän mitattu näöntarkkuus toorisilla piilolinseillä sfäärisiin piilolinseihin verrattuna

Näöntarkkuutta mitattiin korkeakontrastisella (100 %) ja matalakontrastisella (10 %) Lea Hyväri-sen kontrastitestitaululla (Lea Numbers). Näöntarkkuudet mitattiin sekä sfäärisillä että toorisilla piilolinseillä. Tutkimuksessa kävi ilmi, että toorinen piilolinssi paransi näöntarkkuutta suurimmalla osalla koehenkilöistä. Kaikkien koehenkilöiden näöntarkkuuksien muutoksista laskimme keskiarvot. Tutkimustuloksissa esittelemämme näöntarkkuuksien muutokset ovat kaikkien koehenkilöiden näöntarkkuuksien muutoksien keskiarvoja (taulukko 6). Negatiivinen luku tarkoittaa näöntarkkuuden huonontumista ja positiivinen taas näöntarkkuuden paranemista.

TAULUKKO 6. Näöntarkkuusmuutokset

Sovitetut piilolinssit	OD 100 %	OD 10 %	OS 100 %	OS 10 %	OA 100 %	OA 10 %
Toorinen keskiarvo	0.079	0.071	0.077	0.128	0.162	0.158
N	10	10	10	10	10	10
Minimi	-0.350	-0.096	-0.409	-0.170	-0.305	-0.232
Maksimi	0.645	0.210	0.688	0.455	0.574	0.572
Sfäärinen keskiarvo	-0.221	-0.133	-0.106	-0.107	-0.280	-0.175
N	3	3	3	3	3	3
Minimi	-0.572	-0.282	-0.323	-0.198	-0.600	-0.316
Maksimi	0.108	-0.055	0.135	0.052	-0.068	-0.008

Binokulaarisen korkeakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oli 0.162 sovitetulla toorisella piilolinssillä. Matalakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oli 0.158. Monokulaarisesti korkeakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oli 0.079 oikealla silmällä katsoen, kun taas matalakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oikealla silmällä oli 0.071. Vasemmalla silmällä katsoen korkeakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo toorisella piilolinssillä oli 0.077 ja matalakontrastisen näöntarkkuuden 0.128.

Yhdellä koehenkilöllä toorinen piilolinssi heikensi näöntarkkuutta sekä monokulaarisesti että binokulaarisesti molemmilla kontrasteilla. Binokulaarisesti korkeakontrastinen näöntarkkuus heikentyi 0.305 ja matalakontrastinen näöntarkkuus heikentyi 0.232. Lisäksi kahdessa tapauksessa monokulaarinen korkeakontrastinen näöntarkkuus heikentyi hieman tai säilyi samana, kun taas binokulaarinen korkeakontrastinen näöntarkkuus parani. Toisessa näistä tapauksista monokulaarinen matalakontrastinen näöntarkkuus parani 0.261 ja binokulaarinen matalakontrastinen näöntarkkuus parani 0.153.

Sovitettulla sfäärisellä piilolinssillä binokulaarisen korkeakontrastisen näöntarkkuuden heikentymisen keskiarvo oli 0.279 ja matalakontrastisen näöntarkkuuden 0.175. Monokulaarisesti korkeakontrastisen näöntarkkuuden heikentymisen keskiarvo oikealla silmällä katsoen oli 0.221 ja matalakontrastisen näöntarkkuuden 0.133. Vasemmalla silmällä katsoen korkeakontrastisen näöntarkkuuden heikentymisen keskiarvo oli 0.106 ja matalakontrastisen näöntarkkuuden 0.107. Yhdellä koehenkilöllä sfäärinen piilolinssi paransi monokulaarista korkeakontrastista näöntarkkuutta, mutta kuitenkin binokulaarisesti heikensi korkeakontrastista näöntarkkuutta. Myös matalakontrastinen näöntarkkuus heikentyi sfäärisellä piilolinssillä sekä monokulaarisesti että binokulaarisesti.

7.3 Sfäärisen ja sylinterivoimakkuuden yhdistelmät ja niiden yhteys hajataitteisuuden korjauksen tarpeeseen toorisella piilolinssillä

Voimakkuusyhdistelmien analysointia varten tarkastelemme mittaamistamme tutkimustuloksista jokaisen koehenkilön kumpaakin silmää erikseen. Näin saimme tarkasteltavaksi 23 silmää, sillä kolmella tutkimukseen osallistuneista vain toisessa silmässä oli hajataitteisuutta tarvittava määrä. Tarkastelemme näiden 23 silmän sfäärisen ja sylinterivoimakkuuden yhdistelmiä sekä korkeakontrastisen ja matalakontrastisen näöntarkkuuden muutoksia. Tutkimustuloksissa esittelemämme näöntarkkuuksien muutokset ovat kaikkien koehenkilöiden näöntarkkuuksien muutoksien keskiarvoja. Taulukoissa negatiivinen luku tarkoittaa näöntarkkuuden huonontumista ja positiivinen taas näöntarkkuuden paranemista.

Sfäärisen voimakkuuden ollessa $\pm 0.00 \dots -2.00$ dioptriaa, viidellä kuudesta silmästä matalakontrastinen näöntarkkuus parani toorisella piilolinssillä (taulukko 7). Matalakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oli 0.155 voimakkuusvälillä $\pm 0.00 \dots -2.00$ dpt. Optotyyppien lukumääränä näöntarkkuuden parannus oli noin 5 merkkiä. Korkeakontrastinen näöntarkkuus parani

vain kolmella kuudesta silmästä. Korkeakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oli 0.094. Optotyyppinä parannus oli 1-2 merkkiä (keskiarvo 1.5). Toorisen piilolinssin aiheuttamat näöntarkkuuden muutokset voimakkuusvälillä $\pm 0.00 \dots -2.00$ dpt on esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Näöntarkkuuden muutos sfäärisen voimakkuuden ollessa $\pm 0.00 \dots -2.00$ dpt

Koe- henki- lö nro	SF	CYL	AX	visus- muutos 100 %	visusmuu- tos 100 % merkkeinä	visusmuu- tos 10 %	visusmuu- tos 10 % merkkeinä
3	± 0.00	-1.25	85	-0.135	-3	-0.052	-2
3	-0.25	-0.88	90	-0.108	-3	0.063	3
6	-1.00	-1.25	180	0.2	5	0.282	8
2	-1.75	-0.75	60	0.645	11	0.2	5
4	-1.75	-0.87	160	-0.168	-4	0.261	11
6	-1.75	-1.00	180	0.129	3	0.175	6
			Keskiarvo	0.094	1.5	0.155	5.17

Sfäärisen voimakkuuden ollessa välillä $-2.00 \dots -4.00$ dioptriaa, seitsemällä kahdestatoista silmästä matalakontrastinen näöntarkkuus parani toorisella piilolinssillä (taulukko 8). Kahdessa tapauksessa näöntarkkuus ei muuttunut lainkaan ja kolmessa näöntarkkuus huononi. Matalakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oli 0.087 voimakkuusvälillä $-2.00 \dots -4.00$ dpt. Optotyyppinä parannus oli noin 3 merkkiä. Korkeakontrastinen näöntarkkuus parani myös seitsemällä silmällä kahdestatoista. Kolmella tapauksista korkeakontrastinen näöntarkkuus ei muuttunut lainkaan ja kahdella se huononi. Korkeakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oli 0.119 voimakkuusvälillä $-2.00 \dots -4.00$ dpt. Optotyyppinä parannus oli 3-4 merkkiä (keskiarvo 3.42). Toorisen piilolinssin aiheuttamat näöntarkkuuden muutokset voimakkuusvälillä $-2.00 \dots -4.00$ dpt on esitetty taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Näöntarkkuuden muutos sfäärisen voimakkuuden ollessa -2.00...-4.00 dpt

Koe- henki- lö nro	SF	CYL	AX	visus- muutos 100 %	visusmuu- tos 100% merkkeinä	visusmuu- tos 10 %	visusmuu- tos 10 % merkkeinä
7	-2.00	-0.38	10	-0.35	-5	-0.096	-2
10	-2.25	-1.00	33	0	0	0.2	5
2	-2.50	-1.00	155	0.688	16	0.371	12
11	-2.50	-1.12	81	0.2	5	0.2	5
5	-2.75	-0.63	3	0.323	8	0.198	6
5	-3.00	-1.25	10	0.572	14	0.055	2
7	-3.00	-0.38	170	-0.409	-6	-0.141	-3
10	-3.00	-1.00	14	0	0	0	0
11	-3.00	-0.87	67	0.25	5	0.2	5
1	-3.25	-0.50	2	0.112	3	0.23	10
9	-3.25	-0.38	100	0.047	1	0	0
9	-3.50	-0.75	70	0	0	-0.17	-5
			Keskiarvo	0.119	3.42	0.087	2.92

Sfäärisen voimakkuuden ollessa enemmän kuin -4.00 dioptriaa, sekä korkea- että matalakontrastinen näöntarkkuus parani toorisella piilolinssillä kolmella viidestä silmästä (taulukko 9). Kahdella toorinen piilolinssi ei vaikuttanut lainkaan näöntarkkuuteen. Matalakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oli 0.1472, optotyyppeinä parannus oli 4-5 merkkiä (keskiarvo 4.6). Korkeakontrastisen näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oli 0.1092, optotyyppeinä parannus oli 2-3 merkkiä (keskiarvo 2.4). Toorisen piilolinssin aiheuttamat näöntarkkuuden muutokset sfäärisen voimakkuuden ollessa enemmän kuin -4.00 dpt on esitetty taulukossa 9.

TAULUKKO 9. Näöntarkkuuden muutos sfäärisen voimakkuuden ollessa enemmän kuin -4.00 dpt

Koe- henkilö nro	SF	CYL	AX	visus- muutos 100 %	visusmuu- tos 100 % merkkeinä	visusmuu- tos 10 %	visusmuu- tos 10 % merkkeinä
13	-4.75	-0.50	180	0.2	5	0.21	7
13	-5.00	-0.50	5	0.096	2	0.455	14
12	-5.00	-0.50	95	0	0	0	0
12	-5.25	-0.50	85	0.25	5	0.071	2
8	-8.00	-0.75	150	0	0	0	0
			Keskiarvo	0.109	2.4	0.147	4.6

7.4 Lievästi hajataitteisen piilolinssikäyttäjän subjektiivinen näkövaikutelma

Lievästi hajataitteisen piilolinssikäyttäjän subjektiivista näkövaikutelmaa selvitettiin kyselylomakkeen toisella, koehenkilön täyttämällä osalla. Se sisälsi kysymyksen tyytyväisyydestä näkö tarkkuuteen, arvion näkemisen tarkkuudesta sekä yleisesti että näkemisen eri osa-alueilla sekä kysymyksen tiettyjen oireiden esiintymisestä piilolinssien käytön yhteydessä. Seuraavaksi esittelemme koehenkilöiden vastausten keskiarvot näiden subjektiivista näkövaikutelmaa selvittävien kysymysten osalta.

7.4.1 Tyytyväisyys näkö tarkkuuteen

Tutkimukseen osallistuneilta koehenkilöiltä kysyttiin heidän tyytyväisyyttään näkö tarkkuuteen sekä heillä käytössä olevilla piilolinssillä että heille sovitetuilla piilolinssillä. Koehenkilöiden tyytyväisyyttä mitattiin Visual Analogue Scale –asteikolla (VAS), johon koehenkilöt asettivat rastin siihen kohtaan, joka kuvasi parhaiten heidän tyytyväisyytensä määrää. Visual Analogue Scale –asteikkoa käytetään, kun halutaan mitata ominaisuuksia tai mielipiteitä, joiden ajatellaan muodostavan arvojen jatkumon, mutta joita ei voida suoraan mitata. VAS-asteikon molemmissa päissä on minimi- ja maksimiarvoa kuvaava sana, esimerkiksi *Tyytymätön* ja *Tyytyväinen*. Tulos mitataan asteikon vasemmasta päästä siihen kohtaan, johon vastaaja merkitsi rastin. (Crichton 2001, hakupäivä 12.11.2011.) Asteikon pituus oli 100 millimetriä, josta vastaukset saatiin suoraan pro-

sentteina. Tyytyväisyyden muutokset esitetään sekä prosenttiyksikköinä että prosentuaalisina muutoksina. Jos esimerkiksi koehenkilön tyytyväisyys näkötarkkuuteen hänen käyttämillään piilolinssillä oli janan 54 millimetrin kohdalla ja tyytyväisyys näkötarkkuuteen hänen kokeilemillaan piilolinssillä oli janan 65 millimetrin kohdalla, oli tyytyväisyyden muutos prosenttiyksikköinä 11 ($65 - 54 = 11$) ja prosentteina 20 ($11/54 = 0,204$).

Tutkimustuloksia analysoitaessa tutkimukseen osallistuneiden ilmoittamista tyytyväisyysprosentteista laskettiin, kuinka paljon tyytyväisyys oli muuttunut sovitetuilla piilolinssillä. Koehenkilöistä niillä, joille sovitettiin toorista piilolinssiä ($N = 10$), tyytyväisyys näkötarkkuuteen parani 12 prosenttiyksikköä. Prosentteina parannus oli 53 prosenttia. Tutkimusjoukossa oli kuitenkin yksi poikkeustapaus, jonka tyytyväisyysmuutos oli huomattavasti muita koehenkilöitä suurempi, ja nosti täten keskiarvoa vääristäen tuloksia. Tämän vuoksi laitoimme tyytyväisyysprosenttiyksiköistä laskemamme muutokset suuruusjärjestykseen ja laskimme kahden keskimäisen luvun keskiarvon eli otimme mediaanin. Mediaani on lukujoukon keskimäinen luku, mutta tässä tapauksessa laskimme kahden keskimäisen luvun keskiarvon, koska lukujoukossa lukuja oli parillinen määrä. Tyytyväisyysprosenttiyksiköiden muutoksista saatu mediaani oli 7.5 prosenttiyksikköä. Prosentteina parannus oli 6 prosenttia, kun muista tuloksista poikkeavaa tapausta ei laskettu mukaan. Koehenkilöistä niillä, joille sovitettiin sfääristä piilolinssiä ($N = 3$), tyytyväisyys näkötarkkuuteen huononi 30 prosenttiyksikköä. Prosentteina tämä oli 32 %.

7.4.2 Arvio näkemisen tarkkuudesta

Koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan VAS-asteikolla heidän näkemisensä tarkkuutta sekä heillä käytössä olevilla piilolinssillä että heille sovitetuilla piilolinssillä. Näkemisen tarkkuuden arvioiden muutokset esitetään sekä prosenttiyksikköinä että prosentuaalisina muutoksina. Koehenkilöistä niillä, joille sovitettiin toorista piilolinssiä ($N = 10$), arvio näkemisen tarkkuudesta parani 16.8 prosenttiyksikköä. Prosentteina parannus oli 78 prosenttia. Kun otimme koehenkilöiden ilmoittamien arvioiden muutoksista mediaanin, arvio näkemisen tarkkuudesta parani 10 prosenttiyksikköä. Prosentteina parannus oli 17 prosenttia, kun muista tuloksista poikkeavaa tapausta ei laskettu mukaan. Niillä, joille sovitettiin sfääristä piilolinssiä ($N = 3$), näkemisen tarkkuus huononi 15.7 prosenttiyksikköä. Prosentteina tämä oli 20 %.

7.4.3 Arvio näkemisen tarkkuudesta näkemisen eri osa-alueilla

Koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan näkemisensä tarkkuutta myös näkemisen eri osa-alueilla (TV:n tekstit, tienviitat, lukeminen, näyttöpäätte). Arviointiasteikkona olivat kouluarvosanat 4-10. Viidellä toorista piilolinssiä kokeilleista koehenkilöistä ($N = 10$) näkemisen tarkkuus parani arvioitaessa TV:n tekstien näkemisen tarkkuutta. Kolme koehenkilöä arvioi näkemisen tarkkuuden pysyneen samana ja kaksi arvioi näkemisen tarkkuuden huonontuneen arvioitaessa TV:n tekstien näkemisen tarkkuutta. Kaiken kaikkiaan näkemisen tarkkuus parani noin yhden arvosanan verran. Enimmillään näkemisen tarkkuus parani neljän ja huononi yhden arvosanan verran.

Sfääristä piilolinssiä kokeilleista koehenkilöistä ($N = 3$) kahdella näkemisen tarkkuus pysyi samana arvioitaessa TV:n tekstien näkemisen tarkkuutta. Yhdellä näkemisen tarkkuus huononi kolmen arvosanan verran. Keskiarvo näkemisen tarkkuuden huononemisesta oli siis yksi arvosana sfääristä piilolinssiä kokeilleilla koehenkilöillä.

Tienviittojen näkemistä arvioitaessa neljällä toorista piilolinssiä kokeilleista koehenkilöistä ($N = 10$) näkemisen tarkkuus parani. Näkemisen tarkkuus pysyi samana neljällä ja huononi yhdellä koehenkilöllä. Yksi koehenkilö jätti vastaamatta. Kaiken kaikkiaan näkemisen tarkkuus parani yhden yksikön verran arvioitaessa tienviittojen näkemisen tarkkuutta. Enimmillään näkemisen tarkkuus parani neljän ja huononi yhden arvosanan verran. Kaikilla niillä, joille sovitettiin sfääristä piilolinssiä ($N = 3$), näkemisen tarkkuus huononi tienviittojen näkemistä arvioitaessa. Kaiken kaikkiaan näkemisen tarkkuus huononi lähes kolmen arvosanan verran.

Arvioitaessa näkemisen tarkkuutta lukemisen osa-alueella, kaksi toorista piilolinssiä kokeilleista ($N = 10$) arvioi näkemisensä parantuneen. Viisi koehenkilöä arvioi näkemisen tarkkuuden pysyneen samana ja kolme arvioi näkemisen tarkkuuden huonontuneen. Keskiarvo näkemisen tarkkuuden paranemisesta oli 0.1 arvosanaa arvioitaessa näkemisen tarkkuutta lukiessa. Enimmillään näkemisen tarkkuus parani kahden ja huononi yhden arvosanan verran. Yhdellä sfääristä piilolinssiä kokeilleista koehenkilöistä ($N = 3$) näkemisen tarkkuus parani yhden arvosanan verran arvioitaessa näkemisen tarkkuutta lukiessa. Kahdella näkemisen tarkkuus huononi kaksi arvosanaa. Kaiken kaikkiaan näkemisen tarkkuus huononi yhden arvosanan verran.

Viimeisenä koehenkilöt arvioivat näkemistään näyttöpäätteellä. Toorista piilolinssiä kokeilleista koehenkilöistä ($N = 10$) neljällä näkemisen tarkkuus parani. Kolmella koehenkilöllä näkemisen

tarkkuus pysyi samana ja kolmella näkemisen tarkkuus huononi. Keskiarvo näkemisen tarkkuuden paranemisesta oli 0.1 arvosanaa. Enimmillään näkemisen tarkkuus sekä parani että huononi yhden arvosanan verran. Sfääristä piilolinssiä kokeilleista (N = 3) yhdellä näkemisen tarkkuus pysyi samana ja kahdella näkemisen tarkkuus huononi. Heillä näkemisen tarkkuuden muutoksen keskiarvo oli 1.3 arvosanaa huonontunut.

7.4.4 Kiinnostus käyttää kokeiluja piilolinssejä tulevaisuudessa

Lopuksi koehenkilöiltä kysyttiin, olisivatko he kiinnostuneita käyttämään kokeilemiaan piilolinssejä tulevaisuudessa. Kahdeksan toorisia piilolinssejä kokeilleista (N = 10) vastasi voivansa käyttää niitä myös tulevaisuudessa, kun taas kaksi vastasi olevansa tyytyväisiä nykyisiin piilolinsseihinsä eivätkä olleet kiinnostuneita käyttämään kokeilemiaan piilolinssejä tulevaisuudessa (taulukko 10). Sfäärisiä piilolinssejä kokeilleista (N = 3) yksi vastasi olevansa kiinnostunut käyttämään kokeilemiaan piilolinssejä tulevaisuudessa, kun taas kaksi kertoi olevansa tyytyväisiä nykyisiin piilolinsseihin.

TAULUKKO 10. Koehenkilöiden kiinnostuksen yhteys näöntarkkuuteen sekä subjektiiviseen kokemukseen näkemisestä

Kiinnostus tulevaisuudessa	Sovitetut piilolinsit	Visusmuutos merkkeinä 100 % kontrastilla	Visusmuutos merkkeinä 10 % kontrastilla	Näkötarkkuuden muutos prosenttiyksikköinä	Näkemisen tarkkuuden muutos (ka)	Tyytyväisyyden muutos prosenttiyksikköinä
Kyllä, voisin käyttää niitä myös tulevaisuudessa	Toorinen	5	0	4	0	0
	Toorinen	0	5	10	0	6
	Toorinen	5	5	82	2.5	80
	Toorinen	11	8	10	0	0
	Toorinen	2	3	5	0.75	16
	Sfäärinen	-1	-7	-16	-1	-8
	Toorinen	3	4	-2	-0.25	-1
	Toorinen	0	2	34	1	11
	Toorinen	7	14	34	2.5	26
N		9	9	9	9	9
En, olen tyytyväinen nykyisiin piilolinsseihini	Sfäärinen	-3	0	-23	-1	-28
	Sfäärinen	-10	-5	-8	-2.5	-54
	Toorinen	-4	-4	-28	-1	-27
	Toorinen	2	3	19	0	9
N		4	4	4	4	4
Yhteensä		13	13	13	13	13

Vertailtaessa koehenkilöiden kiinnostuksen yhteyttä heidän näöntarkkuutensa muutoksiin, kävi ilmi, että näöntarkkuus parani yhtä lukuun ottamatta kaikilla niillä, jotka olivat kiinnostuneita käyttämään kokeilemiaan piilolinssejä myös tulevaisuudessa. Koehenkilö, jonka näöntarkkuus huononi, kokeili sfäärisiä piilolinssejä. Vastaavasti niillä, jotka eivät olleet kiinnostuneita käyttämään kokeilemiaan piilolinssejä tulevaisuudessa, näöntarkkuus oli huonontunut yhtä lukuun ottamatta. Näistä neljästä vastaajasta kaksi koehenkilöä kokeili toorista ja kaksi sfääristä piilolinssiä, ja toisella toorista linssiä kokeilleella näöntarkkuus parani.

Koehenkilöiden kiinnostusta käyttää heidän kokeilemiaan piilolinssejä tulevaisuudessa vertailtiin myös heidän omiin arvioihinsa näkötarkkuudesta. Seitsemän niistä, jotka olivat kiinnostuneita käyttämään kokeilemiaan piilolinssejä myös tulevaisuudessa, koki näkemisen tarkkuuden paran-

tuneen, kun taas kaksi koki näkö tarkkuuden huonontuneen. Heistä toinen kokeili sfääristä piilolinssiä. Niistä, jotka eivät olleet kiinnostuneita käyttämään kokeilemiaan piilolinssijä tulevaisuudessa, kolme koki näkö tarkkuutensa huonontuneen ja yksi koki näkö tarkkuutensa parantuneen. Koehenkilö, joka koki näkö tarkkuutensa parantuneen, kokeili toorista piilolinssiä. Taulukossa 10 on eritelty sekä näkö tarkkuuden muutokset prosenttiyksikköinä että koehenkilöiden kouluarvosanoilla arvioimien näkö tarkkuuksien keskiarvojen muutokset.

Lisäksi koehenkilöiden kiinnostusta käyttää heidän kokeilemiaan piilolinssijä tulevaisuudessa vertailtiin heidän tyytyväisyyteensä näkö tarkkuuteen. Viidellä niistä, jotka olivat kiinnostuneita käyttämään kokeilemiaan piilolinssijä, tyytyväisyys näkö tarkkuuteen oli parantunut. Kahdella tyytyväisyys näkö tarkkuuteen oli pysynyt samana ja kahdella se oli huonontunut. Kolmella niistä, jotka eivät olleet kiinnostuneita käyttämään kokeilemiaan piilolinssijä tulevaisuudessa, tyytyväisyys näkö tarkkuuteen oli huonontunut ja yhdellä tyytyväisyys näkö tarkkuuteen oli parantunut. Koehenkilö, jolla tyytyväisyys näkö tarkkuuteen oli parantunut, kokeili toorisia piilolinssijä.

7.4.5 Piilolinssien käytön yhteydessä esiintyvät oireet

Koehenkilöiltä kysyttiin tiettyjen oireiden esiintymistiheyttä sekä heillä käytössä olevien että heille sovitettujen piilolinssien käytön yhteydessä. Annetut oireet olivat kuivat silmät, ärtyneet silmät, vetistäminen, punoitus, roska tunne, polttava tunne sekä jokin muu koehenkilön kokema oire. Annetut vastausvaihtoehdot oireiden esiintymistiheydestä olivat 3-5 kertaa viikossa, 1-2 kertaa viikossa, harvemmin kuin kerran viikossa ja ei koskaan. Oireiden esiintymistiheyksien muutokset jokaisen koehenkilön kohdalla on esitetty taulukossa 11. Taulukossa positiivinen luku tarkoittaa oireen esiintyvyyden vähentymistä ja negatiivinen luku kertoo oireen lisääntyneen. Suurempi luku kertoo oireen esiintymistiheyden muuttuneen enemmän. Viiva tarkoittaa oireen esiintyvyyden pysyneen ennallaan.

TAULUKKO 11. Oireiden esiintymistiheyksien muutokset

Sovitetut piilolinssit	Kuivat silmät	Ärtyneet silmät	Vetistäminen	Punoitus	Roskan tunne	Polttava tunne	Jo-kin muu
Sfäärinen	-	-	-1	1	2	-	-
Sfäärinen	-	-	1	-1	-	-	-
Sfäärinen	-	-	-	1	1	-	-1
Toorinen	-1	-	-	1	-1	-1	-
Toorinen	-	-	-	-	1	-	-
Toorinen	-	-1	1	-	-	-	-
Toorinen	-	-	-	-	-1	-	-2
Toorinen	-	-	-	-	-	-	-
Toorinen	-	-	1	-	-2	-	-
Toorinen	-	1	-	1	-	-	-
Toorinen	1	1	-	-	-1	-	-
Toorinen	-	-	-	1	2	-	-
Toorinen	1	1	-	-	-	-	-

Kaksi toorisia piilolinssijä kokeilleista (N = 10) koki silmien kuivumisen vähentyneen, kun taas yksi koki silmien kuivumisen lisääntyneen. Loput vastaajista eivät havainneet silmien kuivumisessa tapahtuneen muutosta. Kolmella niistä, jotka kokeilivat toorisia piilolinssijä, silmien ärtyneisyys väheni ja yhdellä silmien ärtyneisyys lisääntyi. Kaikilla muilla tutkimukseen osallistuneista koehenkilöistä silmien ärtyneisyydessä ei tapahtunut muutoksia. Silmien vetistäminen väheni kahdella toorisia piilolinssijä kokeilleella ja yhdellä sfäärisiä piilolinssijä kokeilleella (N = 3). Lisäksi yksi sfäärisiä piilolinssijä kokeillut koehenkilö ilmoitti silmien vetistämisen lisääntyneen. Loput yhdeksän koehenkilöä eivät havainneet muutosta silmien vetistämisessä.

Kolmella toorisia piilolinssijä kokeilleella (N = 10) ja kahdella sfäärisiä piilolinssijä kokeilleella (N = 3) koehenkilöllä silmien punoitus väheni. Yhdellä sfäärisiä piilolinssijä kokeilleella tutkimukseen osallistuneella silmien punoitus lisääntyi. Muut koehenkilöt eivät havainneet silmien punoituksen muuttuneen.

Toorisia piilolinssijä kokeilleista (N = 10) kahdella roskan tunne silmässä väheni, kun taas neljällä lisääntyi. Kaksi sfäärisiä piilolinssijä kokeilleista koehenkilöstä (N = 3) koki roskan tunteen vähentyneen. Loput koehenkilöistä eivät huomanneet lainkaan muutosta roskan tunteen määrässä. Yhdellä toorisia piilolinssijä kokeilleella myös polttava tunne silmissä oli lisääntynyt.

Vain kaksi tutkimukseen osallistuneista ilmoitti heillä esiintyvän myös muita oireita heille sovitettujen piilolinssien käytön yhteydessä. Yksi toorisia piilolinssijä kokeillut kertoi linssien tuntuvan koko ajan yläuomien alla 1-2 kertana viikossa. Yksi sfäärisiä piilolinssijä kokeillut sen sijaan kertoi kärsivänsä päänsärystä harvemmin kuin kerran viikossa.

7.5 Koehenkilöiden mielipide piilolinssien hinnan vaikutuksesta piilolinssivalintaan

Viimeisessä kyselylomakkeen kysymyksessä koehenkilöiltä tiedusteltiin piilolinssien hinnan vaikutuksesta piilolinssivalintaan, kun he vertailivat käyttamiään ja kokeilemiaan piilolinssijä. Kymmenen tutkimukseen osallistunutta vastasi valitsevansa omasta mielestään paremman piilolinssin hinnasta välittämättä. Sen sijaan kolme vastasi valitsevansa edullisemman piilolinssin, koska linssien ero ei ollut merkittävä.

Sfääristä piilolinssiä kokeilleet kolme tutkimukseen osallistunutta koehenkilöä kertoivat kaikki valitsevansa mielestään paremman piilolinssin. Henkilöt, jotka vastasivat valitsevansa edullisemman piilolinssin, olivat siis kaikki toorisia piilolinssijä kokeilleita. Kuitenkin heistä kahdella näöntarkkuudet paranivat noin yhden visusrivin verran. Molemmat olivat myös itse sitä mieltä, että toorinen linssi paransi näöntarkkuutta hieman. Vain toisella heistä tyytyväisyys näkö tarkkuuteen oli toorisella linssillä parempi. Kolmannen näöntarkkuudet eivät muuttuneet toorisella piilolinssillä, mutta koehenkilön oma arvio näkemisen tarkkuudesta sekä tyytyväisyys näkö tarkkuuteen paranivat kuitenkin hieman.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida toorisen piilolinssin tarpeellisuutta lievän hajataiton (sylinderikorjaus silmälaseissa välillä 0,50–1,00 dpt) korjauksessa. Tutkimme tätä sekä objektiivisesti numeerisia arvoja mitaten että subjektiivisesti asiakkaan kokemuksia kysyen. Tutkimuksella haluttiin myös selvittää, millä sfäärisen ja sylinterivoimakkuuden yhdistelmillä toorinen piilolinssi on sfääristä korjausta parempi. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että lievän hajataiton korjaus toorisella piilolinssillä voisi olla aiheellista, kun hajataitteisuuden määrä on vähintään 0.50 dioptriaa. Hajataitteisuuden korjauksen tarpeen määrittää kuitenkin viime kädessä piilolinssikäyttäjän subjektiivinen kokemus. Tutkimustulosten perusteella ei ilmennyt mitään sellaista raja-arvoa sfäärisen voimakkuuden määrässä, jolla toorinen piilolinssi olisi selvästi sfääristä korjausta parempi. Toorisen piilolinssin vaikutus näöntarkkuuteen koetaan tutkimuksemme mukaan hyvin yksilöllisesti.

Suurimmalla osalla tutkimukseen osallistuneista toorinen piilolinssi paransi näöntarkkuutta. Näöntarkkuuden paranemisen keskiarvo oli 0.162, mikä tarkoittaa noin kolmen merkin lisääntymistä näöntarkkuuteen. Binokulaarisesti näöntarkkuus parani enemmän kuin monokulaarisesti.

Tutkimustulosten perusteella alle 0.50 dioptrian anatomista ja refraktiivista hajataitteisuutta ei olisi tarpeellista korjata toorisella piilolinssillä, sillä toorinen piilolinssi ei parantanut mitattua näöntarkkuutta hajataitteisuuden ollessa alle 0.50 dpt. Silmien, joiden hajataitteisuuden määrä oli 0.38 dioptriaa, näöntarkkuudet huononivat tai pysyivät lähes samoina. Sen sijaan hajataitteisuuden määrän oltua 0.50 dioptriaa, näöntarkkuudet paranivat toorisella piilolinssillä neljällä silmällä viidestä ja yhdellä näöntarkkuus pysyi samana. Mielestämme voisi olla aiheellista ainakin kokeilla toorista piilolinssiä kaikille, joiden hajataitteisuuden määrä on vähintään 0.50 dioptriaa. Tällöin voisi aina tarkistaa ± 0.12 –sylinterilinssillä, onko hajataitteisuuden määrä lähempänä 0.38 vai 0.62 dioptriaa. Tutkimustuloksia analysoitaessa huomasimme, että lievän hajataitteisuuden korjauksen vaikutus näöntarkkuuteen oli hyvin yksilöllistä. Näöntarkkuus saattoi parantua yhdellä ja huonontua tai pysyä samana toisella, vaikka refraktiiviset voimakkuudet olivat lähes samat.

Tämän tutkimuksen tuloksista ei ilmennyt sellaisia sfäärisen ja sylinterivoimakkuuden yhdistelmiä, joilla toorinen piilolinssi olisi ollut selvästi sfääristä piilolinssikorjausta parempi. Oletuksemme oli, että toorinen piilolinssi ei juurikaan paranna näöntarkkuutta sfäärisen voimakkuuden ollessa

suuri. Toisaalta oletimme toorisen piilolinssin parantavan näöntarkkuutta selkeästi enemmän sfäärisen voimakkuuden ollessa pieni. Tällaista yhteyttä emme tutkimuksellamme kuitenkaan todenneet. Tähän todennäköisesti vaikuttaa kuitenkin myös tutkimusjoukkomme pieni koko.

Koehenkilöt olivat tyytyväisempiä näkö tarkkuuteen toorisilla piilolinssillä. Keskimäärin toorisia piilolinssijä kokeilleet koehenkilöt olivat 6 prosenttia tyytyväisempiä näkö tarkkuuteen toorisilla piilolinssillä. Sen sijaan sfäärisiä piilolinssijä kokeilleet olivat 35 prosenttia tyytymättömiä näkö tarkkuuteen sfäärisillä piilolinssillä. Tutkimukseen osallistuneet arvioivat myös näkemisensä tarkkuuden olleen parempi toorisilla piilolinssillä. Toorisia piilolinssijä kokeilleet arvioivat näkemisensä tarkkuuden parantuneen 17 prosenttia. Sfäärisiä piilolinssijä kokeilleet arvioivat näkemisensä tarkkuuden huonontuneen 20 prosenttia.

Myös arvioidessaan näkemisensä tarkkuutta näkemisen eri osa-alueilla, koehenkilöt kokivat toorisen piilolinssin olleen parempi. Tuloksista kävi ilmi, että kaukonäön koettiin parantuneen toorisilla piilolinssillä enemmän kuin lähinäön. TV:n tekstien näkemisen koettiin parantuneen toorisilla piilolinssillä yhden arvosanan verran, kun taas sfäärisiä piilolinssijä kokeilleet kokivat TV:n tekstien näkemisen huonontuneen yhden arvosanan verran. Tienviittojen näkemistä arvioitaessa toorisia piilolinssijä kokeilleet kokivat näkemisen tarkkuuden parantuneen keskimäärin yhden arvosanan verran ja sfäärisiä piilolinssijä kokeilleet arvioivat näkemisen huonontuneen lähes kolmen arvosanan verran.

Näkemisen tarkkuutta lukiessa arvioidessaan toorisia piilolinssijä kokeilleet arvioivat näkemisen tarkkuuden parantuneen 0.1 arvosanan verran. Sfäärisiä piilolinssijä kokeilleet arvioivat näkemisen tarkkuuden lukiessa huonontuneen sfäärisillä piilolinssillä yhden arvosanan verran. Näkemisen tarkkuuden näyttöpäätteelle toorisia piilolinssijä kokeilleet arvioivat parantuneen 0.1 arvosanaa. Sfäärisiä piilolinssijä kokeilleet arvioivat näkemisen tarkkuuden näyttöpäätteelle huonontuneen 1.3 arvosanan verran. Tutkimustulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että tutkimukseen osallistuneiden subjektiivinen vaikutelma näkö tarkkuuden muutoksesta toorisilla piilolinssillä oli hieman parempi kuin näöntarkkuuden mitattu muutos.

Suurin osa tutkimukseen osallistuneista koehenkilöistä oli kiinnostuneita käyttämään toorisia piilolinssijä myös tulevaisuudessa. Vain kaksi toorista piilolinssiä kokeillutta oli tyytyväisiä nykyisiin piilolinssihinsä, eivätkä olleet kiinnostuneita käyttämään toorisia piilolinssijä tulevaisuudessa.

Toisaalta yksi sfäärisiä piilolinsskejä kokeillut koehenkilö oli kiinnostunut käyttämään sfäärisiä piilolinsskejä jatkossakin.

Kysyttäessä koehenkilöiden mielipidettä piilolinssien hinnan vaikutuksesta piilolinssivalintaan suurin osa valitsisi mielestään paremman piilolinssin välittämättä sen hinnasta. Mielestämme piilolinssivalintaan vaikuttaa piilolinssikäyttäjän subjektiivinen näkökokemus kokonaisuudessaan. Parantuneen näöntarkkuuden lisäksi myös piilolinssikäyttäjän tuntemukset ja oma kokemus näkemisen tarkkuudesta vaikuttavat ostopäätökseen.

Niillä koehenkilöillä, joilla oli tooriset piilolinssit käytössä ja joille sovitettiin sfääristä piilolinssiä, kokemukset sfäärisen piilolinssin kokeilusta olivat lähinnä näköä heikentäviä. Näin ollen tooristen piilolinssien käyttö oli heillä perusteltua. Heillä silmälasien sylinterivoimakkuudet olivat -1.00 dpt tai enemmän. Toorista piilolinssiä kokeilleilla koehenkilöillä näönlaatu parani etenkin niillä, joilla tarkka sylinteriarvo oli 0.50 dpt tai enemmän. Yhteisenä johtopäätöksenä on, että lähes kaikki koehenkilöt joiden hajataiton korjaus silmälasissa on 0.50 dpt tai enemmän, voisivat hyötyä toorisista piilolinssistä siitäkin huolimatta, että 0.75 dioptrian sylinterikorjaus hieman ylikorjaa astigmatismia. Sylinterikorjaus 0.75 dpt on kuitenkin lähempänä 0.50 dioptrian sylinteriarvoa kuin sylinterin nollakorjaus.

9 POHDINTA

9.1 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys

Tavoitteenamme oli saada 20 sfääristen piilolinssien käyttäjää koehenkilöiksi tutkimustamme varten. Tutkimukseen osallistui loppujen lopuksi 13 henkilöä, joista kolmella oli jo käytössä tooriset piilolinssit. Suhteellisen pieni otos perusjoukosta laskee tutkimuksen luotettavuutta (Heikkilä 2004, 30). Tutkimusjoukon pienen koon vuoksi tutkimustuloksemme eivät ole yleistettävissä, mutta ne antavat kuitenkin hieman tietoa lievän hajataiton korjauksen tarpeellisuudesta toorisella piilolinssillä. Tutkimusjoukkomme jäi pieneksi, koska oli vaikeaa löytää sellaisia koehenkilöitä, joiden hajataiteisuus oli määrittelemällämme välillä. Tämän vuoksi jouduimme ottamaan tutkimuksemme mukaan myös sellaisia koehenkilöitä, joilla hajataiteisuutta ei ollut lainkaan toisessa silmässä tai toisen silmän hajataiteisuuden määrä oli joko 0.25 tai 1.25 dioptriaa. Lisäksi tutkimusjoukkomme jäi pieneksi todennäköisesti siksi, että tutkimus suoritettiin heinä-elokuussa eli yleisenä kesäloma-aikana. Tutkimuksen luotettavuuteen saattaa vaikuttaa myös se, että eri koehenkilöitä lähestyttiin eri tavalla. Yhteistyöoptikkoliikkeemme Optikko A. Sipolan piilolinssiasiakkaita lähestyttiin kirjeitse, kun taas tuttujen kautta saatuihin koehenkilöihin oltiin yhteydessä tuttujen välityksellä.

Tutkimuksen luotettavuutta heikensivät muutamit myöhemmin huomaamamme puutteet kyselylomakkeessa. Analysoinnin yhteydessä huomasimme kyselylomakkeesta puuttuvan tutkimusongelmiemme kannalta oleellisia kysymyksiä. Kyselylomakkeeseen olisi pitänyt lisätä kysymyksiin 9 ja 13 päänsärky ja silmien väsyminen, sillä näitä oireita esiintyy korjaamattoman lievän hajataiton yhteydessä. Yksi sfäärisiä piilolinssijä kokeilleista koehenkilöistä kuitenkin vastasi oireita kysyttäessä päänsärkyä esiintyvän sfääristen piilolinssien käytön yhteydessä. Lisäksi meidän olisi ollut hyvä kysyä koehenkilöiltä selkeästi, kumpi piilolinssi oli heidän mielestään parempi, heillä käytössä ollut vai heille sovitettu. Ilman tätä kysymystä pystyimme vain päättelemään muiden kysymysten perusteella, kumpaa linssiä koehenkilö piti parempana. Toisaalta kyselylomake sisälsi joitakin sellaisia kysymyksiä, joista saimme tutkimusongelmiemme kannalta epäoleellista tietoa. Kyselylomakkeen laatiminen ei siis onnistunut mielestämme parhaalla mahdollisella tavalla. Kyselylomakkeemme oli myös melko lyhyt, mutta mielestämme kuitenkin selkeä.

Luotettavuutta puolestaan paransi se, että näöntarkkuuden mittaustilanne ja piilolinssisovitustilanne oli kaikille tutkittaville samanlainen. Näöntarkkuustestit tehtiin samassa tilassa ja aina samoilla testeillä. Lisäksi kyselylomakeosuudessa ohjeet olivat kaikille tutkittaville samanlaiset. Koska piilolinssisovitukset teki aina sama optikko ja näöntarkkuusmittaukset teimme aina itse ennalta sovitulla tavalla, ei tutkimuskäytännöissä syntynyt hajontaa aineiston keruussa.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikutti myös se, kuinka kauan koehenkilöt olivat käyttäneet heillä käytössä olevia piilolinssijä tullessaan ensimmäiselle tutkimuskäynnille. Jos piilolinssit olivat olleet käytössä esimerkiksi jo lähes kuukauden, saattoi näöntarkkuus olla niillä heikompi kuin se olisi ollut vasta käyttöön otetuilla piilolinseillä.

Kyselylomakkeen esitestaus paransi tutkimuksen luotettavuutta. Kyselylomake esitettiin yhdellä piilolinssikäyttäjällä. Esitestaukseen osallistuneelle koehenkilölle tehtiin kaikki samat mittaukset ja testit sekä piilolinssisovitus kuin varsinaisille koehenkilöille. Näin saimme esitettua samalla kaikki tutkimuksen toteuttamisen vaiheet. Samalla saimme harjoitella tutkimuksen toteutusta. Esitestauksesta saimme varmuutta ja kokemusta varsinaisen aineiston keruuseen. Tutkimuksen luotettavuutta pyrittiin kontrolloimaan asettamalla useampia kysymyksiä saman asian selvittämiseksi.

Tärkeä osa tutkimuksen eettisyyttä on koehenkilön anonymiteetin säilyminen. Tutkimukssamme koehenkilöiden anonymiteetti säilyi koko tutkimuksen ajan, sillä kyselylomakkeisiin ei tullut sellaisia merkintöjä, joista yksittäiset henkilöt olisi voitu tunnistaa. Lisäksi kyselylomakkeita säilytettiin huolellisesti muiden saavuttamattomissa ja lomakkeet tullessaan tuhoamaan opinnäytetyön valmistuttua.

Tutkimuksen eettisiin tekijöihin kuuluu myös se, että koehenkilöiltä edellytetään asiaan perehtyneesti annettu suostumus. Perehtymisellä tarkoitetaan tutkimuksen kulun selvittämistä koehenkilölle ja sen varmistamista, että koehenkilö on kykenevä ymmärtämään annetun informaation. Suostumuksella sen sijaan viitataan koehenkilön kykyyn tehdä rationaalisia ja kypsiä arviointoja. Suostumuksella tarkoitetaan myös, että koehenkilö osallistuu tutkimukseen vapaaehtoisesti ilman pakottamista. (Hirsjärvi ym. 2004, 26–27.) Koehenkilöille lähetetyssä saatekirjeessä kerrottiin tutkimuksesta sekä sen kulusta ja yhteydenotolla he antoivat suostumuksensa tutkimukseen osallistumiseen. Osa tutttujen kautta hankituista koehenkilöistä sai ohjeistuksen tutkimuksen kulusta

suullisesti. Kaikki tutkimukseen osallistuneet koehenkilöt olivat täysi-ikäisiä, joten heidän oletettiin kykenevän kypsyään päätöksentekoon.

Tutkijan rehellisyys sekä tutkimuksen lukijoille että itselleen on yksi tutkimuksen eettisistä tekijöistä. Tällä tarkoitetaan sitä, ettei tutkija esitä muiden ajatuksia ominaan vaan antaa rehellisesti kunnian hänelle, jolle se kuuluu. (Soininen 1995, 130–131.) Myös muiden mukana olleiden tutkijoiden kunnioittaminen ja työpanoksen tunnustaminen on osa eettisyyttä. Lisäksi rehellisyys liittyy tulosten esittämiseen. Tuloksia ei tule esittää kaunistellen, kritiikittömästi yleistäen eikä itse tuloksia keksien. Tulosten raportointi ei saa olla puutteellista eikä harhaanjohtavaa. (Hirsjärvi ym. 2004, 27–28.) Opinnäytetyössämme ilmoitimme aina viitteet niissä kohdissa, joissa teksti on lainattua joltain toiselta. Kerroimme myös rehellisesti optikon osuuden tutkimuksen suorittamisessa. Lisäksi pyrimme esittämään tutkimuksen tulokset juuri sellaisina kuin ne olivat.

9.2 Omat oppimiskokemukset ja jatkotutkimusehdotukset

Opinnäytetyön tekeminen oli todella haasteellista. Kohtasimme useita ongelmia opinnäytetyön eri vaiheissa, kuten tutkimusjoukon hankinnassa. Ongelmien ratkaiseminen vaati meiltä hyvää yhteistyökykyä. Yhdessä työskenteleminen vaati myös aikataulujen yhteensovittamista. Pitkäkestoinen projekti vaati myös aikataulujen suunnittelua ja pitkäjänteisyyttä. Opinnäytetyömme aiheeseen tutustuessamme saimme myös paljon teoriatietoa. Viitekehystä tehdessä opimme paljon astigmatismista, sen korjaamisesta sekä toorisista piilolinssistä ja niiden sovittamisesta. Myös jo opiskeltua silmän anatomiaa tuli kerrattua ja palautettua mieleen. Mielestämme saimme paljon sellaista tietoa, josta on meille hyötyä tulevaisuudessa optikon ammattia harjoittaessamme.

Jatkotutkimuksena voitaisiin tehdä samanlainen tutkimus suuremmalla tutkimusjoukolla. Tämä vaatisi kuitenkin enemmän aikaa koehenkilöiden valintaan, tutkimuksen suorittamiseen ja tutkimustulosten analysointiin. Tutkimus vaatisi myös useamman optikon osallistumista tutkimuksen suorittamiseen. Olisikin hyvä, jos mukaan saisi useita yhteistyöoptikkoliikkeitä, jolloin tutkimusjoukko voitaisiin kerätä useamman liikkeen piilolinssiaseista. Näin tutkimusjoukko saataisiin suuremmaksi.

Aihetta voitaisiin tutkia myös kvalitatiivisin keinoin. Tällöin voitaisiin tutkia muutamaa koehenkilöä ja saada syvällisempää ja yksityiskohtaisempaa tietoa näöntarkkuuksien muutoksista sekä koe-

henkilöiden kokemasta näkövaikutelmasta. Näin voisi perehtyä syvällisemmin lievän hajataiton korjauksen tarpeellisuuteen toorisella piilolinssillä.

LÄHTEET

Julkaistut lähteet:

Aquavella, J. V. & Rao, G. N. 1987. Contact lenses. Philadelphia: J. B. Lippincott.

Bennett, A. G. & Rabbetts, R. B. 1998. Bennett and Rabbetts' Clinical Visual Optics. 3. painos. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Brennan, N. & Morgan, P. 2010. Kliniska aspekter kring Dk/t. Optik. Apr. Nr 4.10. 39.

Douthwaite, W. A. 1995. Contact lens optics and lens design. 2. painos. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Filho, R. G., Giovedi, M. A. & Nichols, J. J. 2004. Design and Nomenclature of Contact Lenses. Teoksessa Mannis, M. J., Zadnik, K., Coral-Ghanem, C. & Newton, K-J. (toim.) Contact Lenses in Ophthalmic Practice. New York: Springer-Verlag, 1-6.

Grant, R. 1995. Toric Soft Contact Lenses – A review. Optician. Jan 6. No 5483. Vol 209. 16-24.

Griffiths, H. 2009. A new silicone hydrogel daily disposable lens. Optician. Nov 6. No 6227. Vol 238. 17.

Grönroos, P. 1993. Silmän ja optiikan sanastoa. Helsinki: Suomen Optikoiden Ammattiliitto ry.

Heikkilä, T. 2004. Tilastollinen tutkimus. 5. uudistettu painos. Helsinki: Edita.

Hietanen, J., Hiltunen, R. & Hirn, H. 2005. Silmähoidon käsikirja. Helsinki: WSOY.

Hiltunen, E., Holmberg, P., Jyväskylä, E., Kaikkonen, M., Lindblom-Yläne, S., Nienstedt, W. & Wähälä, K. 2007. Galenos – Ihmiselimistö kohtaa ympäristön. 8. uudistettu painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2004. Tutki ja kirjoita. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Holopainen, J. & Tuisku, I. S. 2011. Kyynelimit ja kyynelinten sairaudet. Teoksessa Saari, K. M. (toim.) Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 111-124.

Jalie, M. 1999. Ophthalmic Lenses & Dispensing. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Jalie, M. 1992. The principles of ophthalmic lenses. 4. painos. London: The Association of British Dispensing Opticians.

Jones, L. & Woods, C. 2008. An eye on the world's first silicone hydrogel daily disposable CL. Optician. Oct 3. No 6172. Vol 236. 33.

Kivelä, T. 2011. Silmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Saari, K. M. (toim.) Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 11-36.

Korja, T. 2008. Silmälasien määrääminen. Helsinki: Taru Korja.

Laaka, V. 1980. Silmän rakenne. Teoksessa Instrumentarium. Silmäoptiikan käsikirja. Helsinki: Instrumentarium Oy:n Silmälaboratorio, 7-29.

Larke, J. R. 1997. The Eye in Contact Lens Wear. 2. painos. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Larmi, T. & Päivinen, O. 1980. Piilolinssit. Teoksessa Instrumentarium. Silmäoptiikan käsikirja. Helsinki: Instrumentarium Oy:n Silmälaboratorio, 224-296.

Lindsay, R. 1998. Advanced CL Fitting. Optician. Oct 2. No 5671. Vol 216. 18-24.

Michaels, D. D. 1988. Basic Refraction Techniques. New York: Raven Press.

Millodot, M. 1997. Dictionary of optometry and visual science. 4. painos. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Müller, L. 1984. *Klinisk Optometri*. Arlöv: Berlings.

Ruben, M. & Guillon, M. 1994. *Contact lens practice*. London: Chapman & Hall.

Ruston, D. & Rocher, I. 2009. Clinical performance and acceptance of a new silicone hydrogel for astigmats. *Optician*. May 1. No 6200. Vol 237. 18-24.

Saari, K. M. & Aarnisalo, E. 2011. Peruskäsitteitä valo-opista ja valon merkityksestä näkötapah-
tumassa. Teoksessa Saari, K. M. (toim.) *Silmätautioppi*. 6. uudistettu painos. Keuruu: Otavan
Kirjapaino Oy, 37-47.

Saari, K. M. & Kari, O. 2011. Sidekalvo ja sidekalvon sairaudet. Teoksessa Saari, K. M. (toim.)
Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 125-149.

Saari, K. M. & Korja, T. 2001. Silmän refraktio ja akkommodaatio. Teoksessa Saari, K. M. (toim.)
Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 301-321.

Saari, K. M., Mäntyjärvi, M., Summanen, P. & Nummelin, K. 2011. Silmän tutkiminen. Teoksessa
Saari, K. M. (toim.) *Silmätautioppi*. 6. uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 49-92.

Salomaa, T. 2009. Uutta piilolaseista osa 1 – Monikäyttöiset silikonit. *Optometria* 53 (1), 28-30.

Sarkkinen, E. & Helenius, M. 1996. Pehmeiden tooristen linssien sovitus. *Uusi Optikko* 4, liite 6.

Schofield, J. 2008. Introducing a new silicone hydrogel toric lens. *Optician*. Feb 1. No 6137. Vol
235. 39.

Snell, R. S. & Lemp, M. A. 1998. *Clinical anatomy of the eye*. Toinen painos. Malden: Blackwell.

Soininen, M. 1995. *Tieteellisen tutkimuksen perusteet*. Turku: Turun yliopiston täydennyskoulu-
tuskeskus.

Säpyskä, E. 1994. Tarkoin tutkitut kertakäyttöiset. *Optikko*. No 6. Vsk 37. 10-12.

Tervo, T. 2011. Sarveiskalvo ja sen taudit. Teoksessa Saari, K. M. (toim.) Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 151-173.

Teräsvirta, M. 2011. Mykiö ja sen sairaudet. Teoksessa Saari, K. M. (toim.) Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 207-222.

Twa, M. & Moreira, S. 2004. Astigmatism and Toric Contact Lenses. Teoksessa Mannis, M. J., Zadnik, K., Coral-Ghanem, C. & Newton, K-J. (toim.) Contact Lenses in Ophthalmic Practice. New York: Springer-Verlag, 90-108.

Vesti, E. 2011. Silmäluomet ja luomien sairaudet. Teoksessa Saari, K. M. (toim.) Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 93-109.

Walker, J. 2009. Silicone hydrogel torics – a great opportunity. Optician. Feb 6. No 6188. Vol 237. 21.

Windeck, S., Schweizer, H. & Moest, P. 2007. Is spherical compensation needed for uncorrected cylinders with a daily disposable toric?. Optician. Apr 6. No 6096. Vol 233. 34-40.

Young, G. 1998. Advanced CL fitting part eight – Advanced soft CL fitting. Optician. Jun 5. No 5654. Vol 215. 18-23.

Julkaistut esitteet:

Acuvue Oasys for astigmatism –esite. 2008. Johnson & Johnson Vision Care.

Tooristen linssien sovitushje –esite. 2010. Ciba Vision.

Julkaisemattomat lähteet:

Diekhoff, S. Piilolasiopin luentomateriaalit. Optometrian ammattiopinnot. Oulun seudun ammatti-korkeakoulu.

Kemppainen, L. Optiikan luentomateriaalit. Optometrian ammattiopinnot. Oulun seudun ammattikorkeakoulu.

Luentomateriaalit. 2011. Optometrian ammattiopinnot. Oulun seudun ammattikorkeakoulu.

Opinnäytetyöt:

Huhtala, S. & Kemppainen, M. 2007. Pehmeiden tooristen piilolasien tarjoaminen, sovittaminen ja käyttöönotto Suomessa: kyselytutkimus piilolasioptikoille. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu.

Kiukkonen, A. & Piippo, T. 1999. Näönkorjaus pehmeillä toorisilla piilolaseilla. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu.

Elektroniset lähteet:

Crichton, N. 2001. Visual Analogue Scale (VAS). Journal of Clinical Nursing. Hakupäivä 12.11.2011 https://www.cebp.nl/vault_public/filesystem/?ID=1478.

Quinn, T. 2009. Soft toric advances and fitting trends. Contact Lens Spectrum. Hakupäivä 22.3.2011 <http://www.clspectrum.com/article.aspx?article=102649>.

Sulley, A. 2009. A turning point in toric soft lens design. Optician Online. Hakupäivä 22.3.2011 <http://www.opticianonline.net/Articles/2009/03/06/22933/A+turning+point+in+toric+soft+lens+design.html?key=ASD>.

Watanabe, R. K. 2008. Soft toric contact lenses. Optometric Management. Hakupäivä 22.3.2011 <http://www.optometricmanagement.com/article.aspx?article=101613>.

LIITTEET

LIITE 1

Korjaamattoman sylinterivirheen vaikutus näöntarkkuuteen (Luentomateriaalit 2011)

	OD -0,25+0,50		OS -0,25+0,50		OD -0,5+0,75		OS -0,5+0,75		V max ol/i.l	
	ax 0	ax 90	ax 0	ax 90	ax 0	ax 90	ax 0	ax 90	OD	OS
keskihajonta	0,238	0,291	0,204	0,259	0,184	0,169	0,176	0,164	0,277	0,231
keskiarvo	1,0171	1,1105	1,034	1,166	0,93	0,976	0,909	0,981	1,361	1,337
1	1,38	0,837	1,202	1	1,148	0,837	1,148	0,955	1,514	1,445
2	1	1,25	1,096	1,202	1	1,25	1,25	1,047	1,445	1,318
3	0,603	0,477	0,8	0,8	0,603	0,477	0,8	0,8	0,63	0,912
4	1,042	1	1,096	0,955	0,8	1	0,63	1	1,6	1,38
5	0,759	1,096	0,603	1,38	0,955	1,047	0,837	1,047	1,38	1,047
6	1,202	1,25	1,318	1,25	0,912	1	0,912	0,871	1,445	1,514
7	0,955	1,514	1,096	1,514	0,837	1,25	1	1,202	1,66	1,6
8	1,148	1,047	1,202	1,318	1,096	0,955	0,912	1	1,514	1,514
9	0,8	1,738	0,759	1,6	0,603	1,25	0,63	1,096	1,25	1,202
10	0,871	1,148	1,202	1,202	1	0,912	0,955	1,25	1,25	1,514
11	1	1	1	0,724	1	1	1	0,63	1,047	1
12	1,445	0,955	1,096	1,047	1,202	0,8	0,837	0,871	1,6	1,6

1) Lasketaan sylinteriarvo pintavälille 0 mm voimakkuusyhdistelmässä, jossa sylinterivoimakkuus silmälasiarvona on cyl 0.75, pintavälin ollessa 14 mm. Voimakkuusyhdistelmä on

sf -1.50 cyl -0.75 ax 0°

$$f'_1 = \frac{1}{-1.50 \frac{1}{m}} = -0.667 \text{ m} \quad \text{ja} \quad f'_2 = \frac{1}{-2.25 \frac{1}{m}} = -0.444 \text{ m}$$

$$f'_{1\text{new}} = -0.667 \text{ m} - 0.014 \text{ m} = -0.6807 \text{ m} \quad \text{ja}$$

$$f'_{2\text{new}} = -0.444 \text{ m} - 0.014 \text{ m} = -0.458 \text{ m}$$

$$D_1 = \frac{1}{f'_{1\text{new}}} = \frac{1}{-0.6807 \text{ m}} = -1.469 \text{ dpt} \approx -1.47 \text{ dpt} \quad \text{ja}$$

$$D_2 = \frac{1}{f'_{2\text{new}}} = \frac{1}{-0.458 \text{ m}} = -2.183 \text{ dpt} \approx -2.18 \text{ dpt}.$$

Nyt erotus eli cyl-arvo on $D_2 - D_1 = -0.714 \approx -0.71 \text{ dpt}$.

2) Lasketaan sylinteriarvo pintavälille 0 mm voimakkuusyhdistelmässä, jossa sylinterivoimakkuus silmälasiarvona on cyl 0.75, pintavälin ollessa 14 mm. Voimakkuusyhdistelmä on

sf -7.50 cyl -0.75 ax 0°

$$f'_1 = \frac{1}{-7.50 \frac{1}{m}} = -0.1333 \text{ m} \quad \text{ja} \quad f'_2 = \frac{1}{-8.25 \frac{1}{m}} = -0.1212 \text{ m}$$

$$f'_{1\text{new}} = -0.1333 \text{ m} - 0.014 \text{ m} = -0.1473 \text{ m} \quad \text{ja}$$

$$f'_{2\text{new}} = -0.1212 \text{ m} - 0.014 \text{ m} = -0.1352 \text{ m}$$

$$D_1 = \frac{1}{f'_{1\text{new}}} = \frac{1}{-0.1473 \text{ m}} = -6.7889 \text{ dpt} \approx -6.79 \text{ dpt} \quad \text{ja}$$

$$D_2 = \frac{1}{f'_{2\text{new}}} = \frac{1}{-0.1352 \text{ m}} = -7.3958 \text{ dpt} \approx -7.40 \text{ dpt}.$$

Nyt erotus eli cyl-arvo on $D_2 - D_1 = -0.6069 \text{ dpt} \approx -0.61 \text{ dpt}$.

Laskuesimerkki pintavälin vaikutuksesta piilolinssien voimakkuuteen refraktion ollessa sf -7.50 cyl -0.75 ax 0°. Silmälasien pintaväli on 14 mm ja piilolinssien pintaväli on 0 mm.

Voimakkuus pääleikkaussuunnassa 1 pintavälillä 0 mm on

$$PL_1 = \frac{SL}{1-pv \times SL} = \frac{-7.50 \text{ dpt}}{1-0.014m \times (-7.50 \text{ dpt})} = -6.7873 \text{ dpt} \approx -6.79 \text{ dpt}.$$

Voimakkuus pääleikkaussuunnassa 2 pintavälillä 0 mm on

$$PL_2 = \frac{SL}{1-pv \times SL} = \frac{-8.25 \text{ dpt}}{1-0.014m \times (-8.25 \text{ dpt})} = -7.3930 \text{ dpt} \approx -7.40 \text{ dpt}.$$

Nyt erotus eli cyl-arvo on $PL_2 - PL_1 = -0.6057 \text{ dpt} \approx -0.61 \text{ dpt}$.

Kyseisellä refraktiolla piilolinssien tarkka voimakkuus olisi siis sf -6.79 cyl -0.61 ax 0°. Neljännesdioptrian suuruisen voimakkuusporrastuksen vuoksi kyseinen piilolinssivoimakkuus pyöristyisi sf -6.75 cyl -0.50 ax 0°. Tämä voitaisiin korjata joko sfäärisellä piilolinssillä tai toorisella piilolinssillä, mutta suuren sfäärisen voimakkuuden vuoksi verkkokalvokuvan kasvu korvaa osan cyl-jäännösvirheen aiheuttamasta epätarkkuudesta.

Logaritmisen testitaulun näöntarkkuustulokset desimaalimuotoisina

Näöntarkkuusrivi	-2	-1	tarkka tasaluku	+1	+2
0.16	0.145	0.151	0.158	0.166	0.174
0.20	0.182	0.191	0.200	0.209	0.219
0.25	0.229	0.240	0.251	0.263	0.275
0.32	0.288	0.302	0.316	0.331	0.347
0.40	0.363	0.380	0.398	0.417	0.437
0.50	0.457	0.479	0.501	0.525	0.549
0.63	0.575	0.602	0.631	0.661	0.692
0.80	0.724	0.759	0.794	0.832	0.871
1.0	0.912	0.955	1.000	1.047	1.096
1.25	1.148	1.202	1.259	1.318	1.380
1.6	1.445	1.514	1.585	1.659	1.738
2.0	1.819	1.905	1.995	2.090	2.188
2.5	2.291	2.340	2.512	2.630	2.754

Arvoisa Optikko A. Sipolan piilolinssiasiakas,

Haluaisitko osallistua tutkimukseen ja saada yhden kuukauden piilolinssit ilmaiseksi?

Useimmilla meistä on silmissä hajataitaisuutta, joka johtuu silmän pinnan muodosta. Hajataitto aiheuttaa näön epätarkkuutta. Hajataitaisuutta voidaan korjata myös piilolinssillä. Optikko A. Sipolan asiakaskortiston mukaan sinullakin on hieman hajataitaisuutta ja käytät piilolinssijä. Tutkimme hajataitaisuutta korjaavien piilolinssien sekä tavallisten piilolinssien vaikutuksia näkemiseen hajataitaisuuden määrän ollessa vähäinen.

Olemme kaksi jouluna 2011 valmistuvaa optikko-opiskelijaa Oulun seudun ammattikorkeakoulusta. Keräämme aineistoa opinnäytetyönä työn alla olevaa tutkimusta varten. Työmme aihe on lievän hajataitaisuuden korjaus piilolinssillä. Tutkimuksella pyrimme selvittämään, onko hajataitaisuutta korjaava piilolinssi parempi vaihtoehto sellaiselle, jolla on lievää hajataitaisuutta. Olemme saaneet osoitteesi ja voimakuustietosi Optikko A. Sipolan asiakasrekisteristä. Voimakkuuksien ja käyttämiesi piilolinssien perusteella olisit sopiva koehenkilö tutkimustamme varten.

Tutkimus tehdään kesän aikana ja se sisältää kaksi tutkimuskäyntiä optikkoliikkeessä. Ensimmäiseen käyntiin sinun tulisi saapua sinulla käytössä olevat piilolinssit silmissä. Tällä käynnillä sinulle sovitetaan myös uusia piilolinssijä, jotka saat käyttöösi ja joiden vaikutusta näkemiseen sinun tulisi arvioida liikkeestä mukaan saamasi kyselylomakkeen avulla. Noin kahden viikon kuluttua sovituksista suoritetaan jälkikontrolli.

Tutkimus suoritetaan sinulle tutussa optikkoliikkeessä Optikko A. Sipolalla ja piilolinssisovitukset tekee liikkeen optikko. Toivoisimme yhteydenottoa suoraan liikkeeseen tutkimukseemme ilmoittautumista sekä piilolinssien sovituksen ajanvarausta varten. Mikäli olet halukas osallistumaan tutkimukseemme, täytä ohessa oleva kyselylomake ja palauta se optikolle saapuessasi liikkeeseen.

Olisimme hyvin kiitollisia osallistumisestasi tutkimukseemme! Osallistumisesi olisi tärkeää opinnäytetyömme onnistumisen kannalta. Kaikki sinua koskeva tieto tullaan käsittelemään luottamuksellisesti eikä henkilöllisyytesi tule ilmi opinnäytetyössämme. Pyydämme sinua ilmoittautumaan **1.7.2011 mennessä** Optikko A. Sipolaan. Alla liikkeen yhteystiedot sekä aukioloajat. Jos sinulla on kysyttävää tutkimukseen liittyen, voit ottaa yhteyttä myös suoraan meihin.

Optikko A. Sipola	Aukioloajat
Torikatu 7	ma–pe 9.30–17.30
90100 OULU	la 10–14.00
puh. (08) 311 3397	
info@optikkosipola.fi	

Kesäisin terveisin,

Anni Olli	p. XXX-XXXXXXX	Eija Nyyssölä p. XXX-XXXXXXX
e-mail o8olan00@students.oamk.fi		e-mail o8nyei00@students.oamk.fi
Oulun seudun ammattikorkeakoulu, sosiaali- ja terveystieteiden yksikkö OPT8SN		

1. Sukupuoli 1 nainen
2 mies

2. Syntymävuosi _____

3. Viimeisin refraktio OD sf _____ cyl _____ ax _____ v. _____
OS sf _____ cyl _____ ax _____ v. _____
v. OA _____

4. Käytössä olevien piilolasien voimakkuudet

OD sf _____ cyl _____ ax _____ v. 100 % _____ v. 10 % _____
OS sf _____ cyl _____ ax _____ v. 100 % _____ v. 10 % _____
OA v. 100 % _____ v. 10 % _____

5. Käytössä olevat piilolasit

1 Merkki _____
2 Materiaali _____
3 Halkaisija _____
4 Kaarevuus _____

6. Sovitettavien piilolasien voimakkuudet

OD sf _____ cyl _____ ax _____ v. 100 % _____ v. 10 % _____
OS sf _____ cyl _____ ax _____ v. 100 % _____ v. 10 % _____
OA v. 100 % _____ v. 10 % _____

7. Sovitettavat piilolasit

1 Merkki _____
2 Materiaali _____
3 Halkaisija _____
4 Kaarevuus _____

8. Sfääristen ja tooristen piilolasien hintaero (6 kk paketti/30 paria) _____

9. Arvio tooristen piilolasien sovituksen onnistuneisuudesta verrattuna ohjeistukseen hyvästä tooristen piilolasien sovituksesta asteikolla 4-10

10. Kontrollikäynti _____

OD v. 100 % _____ v. 10 % _____
OS v. 100 % _____ v. 10 % _____
OA v. 100 % _____ v. 10 % _____

Kyselylomakkeen 1. osassa on kysymyksiä koskien nykyisiä piilolinssesi sekä piilolinssien käyttötottumuk-
siasi. Pyydämme vastaamaan jokaiseen kysymykseen.

1. Kuinka kauan olet käyttänyt piilolinssesi? _____

2. Kuinka usein käytät piilolinssesi? Rengasta sopivin vaihtoehto.

- 1 Harvemmin kuin kerran viikossa
- 2 1-2 päivänä viikossa
- 3 3-4 päivänä viikossa
- 4 Yli 4 päivänä viikossa

3. Kuinka kauan kerrallaan käytät yleensä piilolinssesi? Rengasta sopivin vaihtoehto.

- 1 1-5 tuntia
- 2 6-10 tuntia
- 3 11-15 tuntia

4. Millaisissa tilanteissa käytät piilolinssesi? Voit valita useamman vaihtoehdon.

- 1 Vapaa-ajalla
- 2 Töissä/koulussa
- 3 Urheillessa
- 4 Näyttöpäätteellä
- 5 Lukiessa/muussa lähityössä

5. Jos käytät kuukausipiilolinssesi, rengasta hoitoneste, jota käytät:

- 1 SoloCare Aqua
- 2 Aosept
- 3 Biosoak
- 4 Biotwin
- 5 ReNu
- 6 Biotrue
- 7 Opti-Free
- 8 Jokin muu, mikä? _____

KÄÄNNÄ!

6. Kuinka tyytyväinen olet näkö tarkkuuteen nykyisillä piilolinssiesi? Merkitse rasti janan siihen kohtaan, joka kuvaa tyytyväisyytesi määrää.

Tyytymätön |-----| Tyytyväinen

7. Merkitse rasti janan siihen kohtaan, joka kuvaa parhaiten näkemistäsi nykyisillä piilolinssiesi.

Epätarkka |-----| Tarkka

8. Arvioi näkemisesi tarkkuutta nykyisillä piilolinssiesi näkemisen eri osa-alueilla kouluarvosalla 4-10 (arvosanat 9-10 kuvaavat tarkkaa näkemistä, 7-8 melko tarkkaa, 5-6 hieman epätarkkaa ja arvosana 4 kuvaa epätarkkaa näkemistä).

- | | | |
|---|--------------|-------|
| 1 | TV:n tekstit | _____ |
| 2 | Tienviitat | _____ |
| 3 | Lukeminen | _____ |
| 4 | Näyttöpäätte | _____ |

9. Rengasta seuraavista vaihtoehtoista jokaisesta kohdasta se, joka kuvailee parhaiten kyseisen oireen esiintymistiheyttä nykyisten piilolinssiesi käytön yhteydessä.

		3-5 kertaa viikossa	1-2 kertaa viikossa	Harvemmin kuin kerran viikossa	Ei koskaan
1	Kuivat silmät	1	2	3	4
2	Ärtyneet silmät	1	2	3	4
3	Vetistäminen	1	2	3	4
4	Punoitus	1	2	3	4
5	Roskan tunne	1	2	3	4
6	Polttava tunne	1	2	3	4
7	Jokin muu, mikä?	1	2	3	4

Palauta kyselylomakkeen 1. osa saapuessasi ensimmäiselle tutkimuskäynnille, kiitos!

Kyselylomakkeen 2. osassa on kysymyksiä koskien uusia piilolinsejä. Pyydämme vastaamaan jokaiseen kysymykseen.

10. Kuinka tyytyväinen olet näkö tarkkuuteen uusilla piilolinseillä? Merkitse rasti janan siihen kohtaan, joka kuvaa tyytyväisyytesi määrää.

Tyytymätön |-----| Tyytyväinen

11. Merkitse rasti janan siihen kohtaan, joka kuvaa parhaiten näkemistäsi uusilla piilolinseillä.

Epätarkka |-----| Tarkka

12. Arvioi näkemisesi tarkkuutta uusilla piilolinseillä näkemisen eri osa-alueilla kouluarvosanalla 4-10 (arvosanat 9-10 kuvaavat tarkkaa näkemistä, 7-8 melko tarkkaa, 5-6 hieman epätarkkaa ja arvosana 4 kuvaa epätarkkaa näkemistä).

- | | | |
|---|--------------|-------|
| 1 | TV:n tekstit | _____ |
| 2 | Tienviitat | _____ |
| 3 | Lukeminen | _____ |
| 4 | Näyttöpääte | _____ |

13. Rengasta seuraavista vaihtoehtoista jokaisesta kohdasta se, joka kuvailee parhaiten kyseisen oireen esiintymistiheyttä nykyisten piilolinssiesi käytön yhteydessä.

		3-5 kertaa viikossa	1-2 kertaa viikossa	Harvemmin kuin kerran viikossa	Ei koskaan
8	Kuivat silmät	1	2	3	4
9	Ärtyneet silmät	1	2	3	4
10	Vetistäminen	1	2	3	4
11	Punoitus	1	2	3	4
12	Roskan tunne	1	2	3	4
13	Polttava tunne	1	2	3	4
14	Jokin muu, mikä?	1	2	3	4

KÄÄNNÄ!

14. Olisitko kiinnostunut käyttämään uusia piilolinsskejä tulevaisuudessa?

- 1 Kyllä, voisin käyttää niitä myös tulevaisuudessa
- 2 En, olen tyytyväinen nykyisiin piilolinssihini

15. Kuinka piilolinssien hinta vaikuttaa piilolinssivalintaasi ostopäätöstä tehdessäsi, kun vertailet uusia ja nykyisiä piilolinssjasi?

- 1 Valitsisin omasta mielestäni paremman piilolinssin, välittämättä hinnasta
- 2 Valitsisin edullisemman piilolinssin, linssien ero ei ollut merkittävä
- 3 Valitsisin edullisemman piilolinssin vaikka kalliimpi olikin mielestäni parempi

Palauta kyselylomakkeen 2. osa saapuessasi jälkikontrolliin. Kiitos osallistumisesta ja hyvää kesän jatkoa!

Kaikki mitatut näöntarkkuusarvot

nro	Visus silmälaseilla			Visus sfäärisillä piilolinseilla 100 %			Visus sfäärisillä piilolinseilla 10 %			Visus toorisilla pii- lolinseilla 100 %			Visus toorisilla pii- lolinseilla 10 %		
	OD	OS	OA	OD	OS	OA	OD	OS	OA	OD	OS	OA	OD	OS	OA
1	1.0	0.8 ⁺²	1.0	0.8 ⁺²	0.8 ⁻¹	1.25 ⁻¹	0.5 ⁺²	0.4	0.8 ⁻²	0.8 ⁺²	0.8 ⁺²	1.25 ⁺¹	0.5 ⁺²	0.63	0.8 ⁺¹
2	1.25	1.25	1.25	1.0 ⁻¹	0.63	1.25 ⁻²	0.8	0.5	0.63	1.6	1.25 ⁺¹	1.6	1.0	0.8 ⁺²	1.25 ⁻¹
3	1.25 ⁻¹	1.25	1.25	0.8 ⁺¹	1.0 ⁺¹	1.25 ⁻²	0.4	0.63 ⁺¹	0.8 ⁺¹	0.8 ⁻²	1.0 ⁻²	1.25 ⁺¹	0.5 ⁻²	0.63 ⁻¹	0.8 ⁺¹
4	1.25 ⁻²	1.25 ⁻¹	1.0 ⁺²	0.8 ⁺²	1.0	1.0 ⁺²	0.8 ⁻¹	0.4	0.8 ⁻¹	0.8 ⁺²	0.8 ⁺¹	1.25	0.8 ⁻¹	0.63 ⁺¹	1.0 ⁻²
5	1.0 ⁺²	1.25 ⁻²	1.25	0.63	0.8 ⁻²	1.0	0.63 ⁻²	0.63 ⁻¹	0.8	1.25 ⁻¹	1.0 ⁺¹	1.6	0.63	0.8	1.0
6	1.25	1.25	1.25	0.8	0.8 ⁺²	1.25	0.63	0.5 ⁺²	0.8 ⁺¹	1.0	1.0	1.25 ⁺¹	1.0 ⁻²	0.8 ⁻²	1.25 ⁻²
7	1.25	1.25	1.25	1.6	1.6 ⁺¹	2.0 ⁻¹	1.0 ⁺²	1.0 ⁺²	1.25 ⁺²	1.25	1.25	1.6	1.0	1.0 ⁻¹	1.25 ⁻²
8	1.0	1.0	1.25	1.0	1.25 ⁻¹	1.25	0.8 ⁻²	0.8 ⁺²	1.0 ⁻¹	1.0	1.25 ⁻¹	1.25	0.8 ⁻²	0.8 ⁺²	1.0 ⁺¹
9	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	0.63	0.8	0.8	1.0 ⁺¹	1.0	1.25	0.63	0.63	0.8
10	1.25 ⁻¹	1.0 ⁻²	1.25 ⁻¹	1.25	1.25	1.25	0.8	0.8	0.8	1.25	1.25	1.25	1.0	0.8	1.0
11	1.25 ⁻²	1.0 ⁺²	1.25	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	1.25	1.0	1.25	1.0	1.0	1.0
12	1.25 ⁻²	1.25	1.25	1.25	1.0	1.25	0.8	0.8	1.0 ⁻²	1.25	1.25	1.25 ⁺²	0.8	0.8 ⁺²	1.0 ⁺¹
13	1.25 ⁻²	1.25 ⁻²	1.25	0.8	1.0	0.8 ⁺²	0.5 ⁺²	0.5	0.8	1.0	1.0 ⁺²	1.6 ⁻²	0.8 ⁻¹	1.0 ⁻¹	1.25 ⁻²

Koehenkilöiden refraktiotiedot ja näöntarkkuudet sekä tarkemmat sylinteriarvot

Koehenkilö	OD/OS	sf	cyl	ax	visus	tarkempi cyl
1	OD	-2.50	-0.25	175	1.0	-0.37 **
	OS	-3.25	-0.50	2	1.0 ⁻³	-0.50
2	OD	-1.75	-0.75	60	1.25	-0.75
	OS	-2.50	-1.0	155	1.25	-1.0
3 *	OD	-0.25	-1.0	90	1.25 ⁻¹	-0.88
	OS	±0	-1.0	85	1.25	-1.25
4	OD	-2.75	—	—	1.25 ⁻²	— **
	OS	-1.75	-0.75	160	1.25 ⁻¹	-0.87
5 *	OD	-3.0	-1.0	10	1.25 ⁻³	-1.25
	OS	-2.75	-0.75	3	1.25 ⁻²	-0.63
6 *	OD	-1.0	-1.25	0	1.25	-1.25
	OS	-1.75	-1.0	0	1.25	-1.0
7	OD	-2.0	-0.50	10	1.25	-0.38
	OS	-3.0	-0.50	170	1.25	-0.38
8	OD	-8.0	-0.75	150	1.0	-0.75
	OS	-8.25	-0.25	10	1.0	-0.25 **
9	OD	-3.25	-0.50	100	0.8	-0.38
	OS	-3.50	-0.50	70	0.8	-0.75
10	OD	-2.25	-0.75	33	1.25 ⁻¹	-1.0
	OS	-3.0	-0.75	14	1.0 ⁻²	-1.0
11	OD	-3.0	-0.75	67	1.25 ⁻²	-0.87
	OS	-2.50	-1.0	81	1.25 ⁻³	-1.12
12	OD	-5.0	-0.25	95	1.25 ⁻²	-0.50
	OS	-5.25	-0.50	85	1.25	-0.50
13	OD	-4.75	-0.50	0	1.25 ⁻²	-0.50
	OS	-5.0	-0.50	5	1.25 ⁻²	-0.50

*Koehenkilöillä 3, 5 ja 6 oli käytössä tooriset piilolinssit.

** Ei mukana tutkimustulosten tarkastelussa.

Ohjeistus hyvästä tooristen piilolinssien sovituksesta

1. Mikroskopointi
Silmän etuosan tutkiminen mikroskoopilla piilolinssien käytön esteiden poissulkemiseksi.
2. Sovituslinssin voimakkuuden ja akselisuunnan valinta
Voimakkuuden valinta mahdollisimman lähelle refraktiota pintaväli huomioon otuna.
3. Aseta linssi silmään ja anna asettua muutama minuutti
4. Tarkasta näöntarkkuus
5. Tarkasta linssin istuvuus mikroskoopilla
Push up –testi , kiertymisen arviointi 5 asteen tarkkuudella.
6. Päällerefraktio
Käytä kääntyneen akselisuunnan korjaamiseen LARS-sääntöä (jos kaiverrusmerkki kääntyy vasemmalle → lisää astelukua, jos kaiverrusmerkki kääntyy oikealle → vähennä astelukua).

Loiva linssi

- Mahdollinen huono keskiöityminen
- Näöntarkkuus voi vaihdella
- Linssi voi ärsyttää silmää
- Pyörähdys saattaa vaihdella
- Linssin liike on nopea push up –testissä

Tiukka linssi

- Linssin liike on pieni
- Linssi liikkuu jähmeästi push up –testissä
- Linssi saattaa istua sivussa
- Huono näöntarkkuus, joka vaihtelee räpäytyksen aikana